

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

RUDINÉ MEZEI ANITA

DEBRECEN

2015.

DEBRECENI EGYETEM

DEBRECENI EGYETEM
ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Dr. Kovács András
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Dr. Mihók Sándor
professor emeritus C.Sc.

**LOVAK TENYÉSZÉRTÉKBECSLÉSE A DÍJUGRATÓ SPORTBAN
ELÉRT TELJESÍTMÉNY ALAPJÁN**

Készítette:

Rudiné Mezei Anita
doktorjelölt

Debrecen

2015.

**LOVAK TENYÉSZÉRTÉKBECSLÉSE A DÍJUGRATÓ SPORTBAN ELÉRT
TELJESÍTMÉNY ALAPJÁN**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
az állattenyésztési tudományok tudományágban

Írta: **Rudiné Mezei Anita** okleveles alkalmazott matematikus és matematika tanár

Készült a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolája
(Állatnemesítés – Génmegőrzés, Állatökológia programja) keretében

Témavezető: Dr. Mihók Sándor C.Sc.

A doktori szigorlati bizottság:

Elnök: Dr. Komlósi István, egyetemi tanár D.Sc.
Tagok: Dr. Bodó Imre, professor emeritus D.Sc.
Dr. Gáspárdy András, egyetemi docens Ph.D.

A doktori szigorlat időpontja: 2013. december 3.

Az értekezés bírálói:

név	fokozat	aláírás
_____	_____	_____
_____	_____	_____

A bírálóbizottság:

	név	fokozat	aláírás
elnök:	_____	_____	_____
tagok:	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
titkár:	_____	_____	_____
	_____	_____	_____

Az értekezés védésének időpontja: 20.... ..

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	6
1.1. Bevezetés	6
1.2. Témafelvetés	7
1.3. Célkitűzés	9
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. Populációgenetika, tenyésztérbecslés	10
2.2. Értékmérő tulajdonságok, a teljesítmény mérése, a teljesítményt befolyásoló tényezők	10
2.3. Értékmérő tulajdonságok modellezése	16
2.4. A becsült tenyésztérbecslés megbízhatóságát befolyásoló tényezők	19
2.5. Tenyésztérbecslési módszerek Nyugat–Európában	23
2.5.1. Németország	26
2.5.2. Hollandia	28
2.5.3. Svédország	29
2.5.4. Franciaország és Belgium	30
2.5.5. Egyesült Királyság	33
2.5.6. Írország	33
2.5.7. Nemzetközi genetikai értékelés, Dánia, Finnország és Norvégia	34
2.5.8. Izland	35
2.5.9. Magyarország	36
2.6. Adatok, adatbázis előkészítése elemzéshez	38
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	40
3.1. Az adatbázis előkészítése, a származás pontos ismerete	40
3.2. A teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámok	43
3.3. Genetikai paraméterek becslése	48
3.4. Különböző nehézségi szinteken nyújtott teljesítmény értékelése	49
3.5. Tenyésztérbecslés bemutatása	49
3.6. Sportversenyek eredményeinek értékelése random regresszióval	50
4. EREDMÉNYEK	53
4.1. Néhány leíró statisztikai adat a tenyésztérbecslés megbízhatóságát befolyásoló tényezőkről	53
4.2. A teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámok értékelése	57

4.3. Genetikai paraméterek becslése	66
4.4. Különböző nehézségi szinteken nyújtott teljesítmény értékelése	69
4.5. Tenyésztékek bemutatása	72
4.6. Sportversenyek eredményeinek értékelése random regresszióval.....	75
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	81
5.1. Néhány leíró statisztikai adat a tenyésztékek megbízhatóságát befolyásoló tényezőkről	81
5.2. A teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámok értékelése	81
5.3. Genetikai paraméterek becslése	82
5.4. Különböző nehézségi szinteken nyújtott teljesítmény értékelése	82
5.5. Tenyésztékek bemutatása.....	83
5.6. Sportversenyek eredményeinek értékelése random regresszióval.....	84
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	85
7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....	86
8. ÖSSZEFOGLALÁS.....	87
9. SUMMARY	91
10. IRODALOMJEGYZÉK.....	95
11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	112
12. ÁBRÁK JEGYZÉKE	116
13. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	117
14. MELLÉKLETEK	119
15. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	126
16. NYILATKOZATOK	127

1. BEVEZETÉS

1.1. Bevezetés

A lovak hasznvétele az elmúlt több mint 50 évben jelentősen megváltozott, nevezetesen a gazdasági hasznvétele helyett szinte mindenhol a sportcélú hasznosítás került előtérbe. A melegvérű lovakat tenyésztő szervezetek többsége a díjugratásban vagy a díjlovaglásban kimagasló képességű lovak tenyésztésére törekszik, figyelmük ezek széleskörű használatára összpontosul. Ez erőteljes és folyamatos szelekciót követel, és hatékonysága érdekében a vezető sportló–tenyésztő országok keresik a szelekciót megalapozó módszereket. A megvalósulás érdekében Nyugat–Európa sikeres sportló tenyésztőszervezetei régóta együttműködnek a tudomány képviselőivel, és a tenyésztőkkel elfogadtatták a kutatások eredményeinek hasznosítását. A lovak tulajdonosai a tenyésztői döntésekhez messzemenően figyelembe veszik a populáció–genetikai kutatások eredményeit, elősegítve ezzel a (ló)generációról generációra realizálható szelekciós előrehaladást. A populáció–genetikai kutatások széleskörűen elterjedtek, általánosan hasznosított eredménye a tenyészértékbecslés, amit három évtizede folyamatosan használ és alkalmaz Nyugat–Európa sportlótenyésztése. A tenyészértékbecslésen alapuló szelekció eredménye is az elkápráztató teljesítményt nyújtó ugróló, vagy díjló.

Magyarországon a sportlótenyésztés az 1970–es években kezdődött el a hagyományos magyar lófajtáink kancaanyagából kiindulva, import mének felhasználásával. Napjainkra hazánkban a mai európai állomány genetikai értékéhez hasonló, döntően holland félvér és holsteini fajták génállományára alapozott sportló alakult ki (POSTA és mtsai, 2006). A magyar sportlónak a Magyar Sportlótenyésztők Országos Egyesületének meghatározása szerint elsődleges tenyészcélja a díjugrató sportra alkalmas ló tenyésztése (MSLT, 2000). Emellett természetesen a lovassport többi szakága számára is kerülnek ki a populációból megfelelő egyedek (MIHÓK és mtsai, 2001).

1.2. Témafelvetés

Napjainkban egyre nő az érdeklődés a tudományos módszerek iránt, hogy a tenyészcélban szereplő fontos jellemzők genetikai megalapozottsága ismerté váljon a lótenyésztésben is. Ennek a folyamatnak egyik állomása a tenyészértékbecslés módszere, aminek alkalmazásával lehetővé válik az állatok előszelekciója, a tenyésztésre leginkább alkalmas állatok kiválasztása.

A sportló szelekciója során direkt és indirekt szelekciós módszereket különböztetünk meg. A direkt módszerek az egyed teljesítményét becsülik, az indirektek a teljesítménnyel valamilyen kapcsolatban lévő jellemzőket mérik. A direkt becslések a sportlovak esetében általában a lovassportokban (diszciplínákban) nyújtott teljesítményen alapulnak.

Ha egy egyedet tenyészteni szándékozunk, sikerre csak akkor számíthatunk, ha becslésre kerül az egyed populáció átlagához viszonyított genetikai értéke, ha ismerté válik a tenyészállat átörökítő-képessége. Ennek kifejezője a becsült tenyészérték, ami azonban csak a vizsgált populáció viszonylatában igaz. Ezért van az, hogy kimagasló tenyészértékű (import)mének más kancaállományon nem tudják megismételni ivadékaik fenotípusos értékét. Éppen ezért a lótenyésztésben rendkívül fontos a különböző fajták, vagy akár a lovas- és lóversenysportok esetében szakáganként, egy-egy állat tenyészértékét becsülni.

A tenyészértékbecslés az apa- és anyaállatokra jellemző értékmérő tulajdonságok átörökítő képességét (tenyészértékét) becsülő eljárás, tájékoztat a megszülető ivadékok várható teljesítményéről. A tenyészértékbecslés számítógépes technikai háttérrel megvalósítható, bonyolult matematikai számításokon alapszik, vagyis túlmutat azon, hogy csupán a külsőségek (küllem és tenyésztői intuíció, amire azért a tenyésztők töredéke képes) alapján hozzunk tenyésztői döntést. Ennek ellenére mégis csak becsült érték, ám tartozik hozzá egy megbízhatósági érték. Ez a megbízhatósági érték a becsült tenyészérték és a tényleges tenyészérték közötti kapcsolat szorosságát mutatja meg, s annál jobban közelít a tényleges átörökítő értékhez, minél több információ alapszik.

MIHÓK és mtsai (2009) a kutatási eredmények hasznosításának szükségességét hangsúlyozzák, ugyanis a kutatások elmaradása miatt egyre nehezebb az európai tudományos- és gyakorlati életbe való partnerkénti bekapcsolódás. Arra az információra, amelyik a világon képződik, nagyon nagy szükség van, de nem lenne

szabad lemondani ennek az információnak hazai kutatási eredményekkel való bővítéséről sem.

Magyarországon az elmúlt években több éves kutatási munka eredményeként került sor tenyésztérbecslési módszer kidolgozására POSTA és mtsai (2007b) által.

Az elvégzett vizsgálatok és azok eredményei abban kívánnak útmutatást nyújtani a tenyésztőknek, hogy a becsült genetikai paraméterek és tenyésztérbecslések alapján segítsük a sikeres tenyész kiválasztást és a tudatosabb tenyésztésre való törekvést.

1.3. Célkitűzés

A dolgozat célkitűzései az alábbiak:

I. A hazai díjugratás szakági eredmények előkészítése értékelésre

- Az 1996–2011 közötti díjugrató szakági adatok összegyűjtése, és összeolvasztása egy adatbázissá.
- Származási adatok összegyűjtése.
- Tenyésztékek megbízhatóságát befolyásoló leíró statisztikai adatok bemutatása.

II. A hazai díjugrató szakágban versenyző sportlovak teljesítményének elemzése

- A teljesítmény vizsgálata különböző matematikai mérőszámokkal.
- A teljesítményt értékelő mérőszámokra illesztett modellek összehasonlítása, a teljesítményt értékelő megfelelő mérőszám kiválasztása.

III. Ugróteljesítményt értékelő tulajdonságok paraméterbecslése

- A legjobbaknak vélt értékmérő tulajdonságokra genetikai paraméterek becslése ismételtetőségi egyedmodellel.

IV. Különböző verseny nehézségi szinteken nyújtott teljesítmény értékelése

- Az eltérő nehézségi szinteken nyújtott teljesítmények közötti korreláció számítása.

V. Tenyésztékek bemutatása, a díjugrató szakági eredmények értékelése random regresszióval

- Tenyésztékbecslés a legjobbnak vélt teljesítmény mérőszámra.
- A díjugratás szakági eredményekre legjobban illeszkedő random regressziós modell megtalálása.
- Genetikai paraméterek becslése random regressziós modellel.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Populációgenetika, tenyésztérbecslés

A populációgenetika alkalmazhatóságához a sportlótenyésztésben a tenyésztési cél konkrét meghatározása és megfelelő mérőszám alkalmazása szükséges (GERGELY és CSANÁDI, 1975). A korszerű állattenyésztésben egyrészt egyedekkel, másrészt állatállományokkal, azaz populációkkal dolgozunk (KOMLÓSI és VERESS, 2006). A populációgenetika a kvantitatív és kvalitatív tulajdonságok öröklődési szabályait matematikailag elemző és leíró tudományág, a mendeli genetika továbbfejlesztése a génelmélet alapján (SVÁB, 1971). Lényegét a mennyiségi tulajdonságok analízise és szintetizált értékelése adja, amelyben központi helyet foglal el az örökölhetőség (h^2 érték) (DOHY, 1999). Bár a mennyiségi tulajdonságok az egyeden mérhetők, számszerűsíthetők, öröklődésük igen bonyolult, sok gén által meghatározott. Ahhoz, hogy a tenyésztésbe csak a legjobb genetikai képességgel rendelkező egyedek és ivadékaik kerüljenek, DOHY (1999) szerint elengedhetetlen az egyedek fenotípusának és genotípusának mélyreható és megbízható ismerete, valamint nélkülözhetetlen tenyésztérbecslésük megállapítása az általuk létrehozott populációk szintjén.

Tenyésztérbecslést minden olyan tulajdonságra lehet becslni, amely mérhető, és amire vonatkozóan elegendő adat áll rendelkezésre. A tenyésztésben meghatározott tulajdonságokra a legnagyobb tenésztérbecslésű, ezért vélhetően legértékesebb egyedekkel érdemes tenésztetni, azoktól ivadékokat nyerni. Minél több tulajdonságra számított tenésztérbecslések alapján egyidejűleg szelektálni azonban nem hatékony, mert a nemzedékenkénti szelektációs előrehaladás a szelektált tulajdonságok számával (leegyszerűsítve) fordítottan arányos. Fontos még hangsúlyozni, hogy a mindenkor becslt tenésztérbecslés viszonylagos, kizárólag csak a vizsgált állományra igaz. Felmerül az a kérdés is, hogy mely tulajdonságokra érdemes tenésztérbecslést becslni, hogyan mérjük a tulajdonságokat, milyen tényezők befolyásolják ezeket?

2.2. Értékmérő tulajdonságok, a teljesítmény mérése, a teljesítményt befolyásoló tényezők

A teljesítmény összehasonlítás, lehetőleg objektív mérése minden területen megmutató emberre törekvés. Ez nemcsak az emberre vonatkozik, hanem az

állattenyésztés is alkalmazza a szelekciós tevékenysége megalapozásához. A lótenyésztésben a sportban elért eredményre tenyésztői munkát, szelekciót, ivadékvizsgálatot igyekszünk alapozni (BODÓ, 1997).

A ló teljesítő képességének kifejeződése a teljesítmény, melynek tényezőit PONGRÁCZ (2011) az alábbi mennyiségi értékmérő tulajdonságokkal foglalja össze:

- Erő
- Gyorsaság
- Ügyesség
- Állóképesség.

Az **erő** izmok összehúzódása révén teszi képessé a lovat a munkavégzésre. Az erő elsősorban a lépés hosszát befolyásolja. A térélelő mozgás anatómia feltételének megléte esetén a ló hosszú nyújtott lépésre képes, ami pozitívan hat a sportló teljesítményére, másrészt hatással van mindazon tulajdonságokra, amelyekkel összefüggésben áll (MIHÓK, 2005). Az izmok erejének a **gyorsaságban** is szerepe van, azonban itt az idegrendszeri szabályozás szerepe a döntő. Az ideg–izom összerendezettség a lépések ismételhetségét, egymásutániségának gyakoriságát, azaz a gyorsaságot szabja meg. Az **ügyesség** is ideg–izom koordináción alapuló képesség, amely a bonyolultabb mozgások, mozdulatok elvégzésére teszi képessé a lovat. Ilyen például az ugrás, a díjlovaglás egy–egy feladata. Az **állóképesség** a szervezetnek az a képessége, hogy bizonyos munkát hosszasan tud végezni anélkül, hogy kimerülne.

A teljesítményt közvetve befolyásoló értékmérő tulajdonságok

- Vérmérséklet
- Teljesítőkészség
- Koraérés, ivarérés
- Egészségi állapot, ellenállóképesség.

A **vérmérséklet** a környezet ingereire adott válasz gyorsasága és ereje. Az élénk vérmérsékletű lovak igényesebbek környezetükkel szemben. A **teljesítőkészség** azt mutatja meg, hogy az állat milyen szívesen kész a rábízott feladatot elvégezni. A **koraérés** a fiatal lovak kipróbálása esetén nagy jelentőségű. A szaporításhoz kapcsolódó értékmérő tulajdonságok között fontos az **ivarérés** ideje, tenyésztésbevitel ideje, továbbá a mén fedező– és termékenyítőképessége, illetve a kanca termékenysége és csikónevelő képessége (PONGRÁCZ, 2011).

A sportlovak teljesítményének mérésére használják a **nyeremény**, a **helyezés** és a **hibapontok** különböző transzformációkkal való átalakított pontszámait. Az Európában alkalmazott egyes transzformáció típusokat az *1. táblázatban* foglaltam össze.

1. táblázat: A nyereményen, a helyezésen és a hibapontokon alapuló teljesítmény mérőszámokra alkalmazott transzformáció típusok az egyes európai országokban

Transzformáció típusa	Ország	Forrás
<u>Négyzetgyök</u> <u>transzformáció</u>	Németország	<i>Bugislaus és mtsai 2004, Lührs–Behnke és mtsai 2002, Hassenstein és mtsai 1998</i>
	Hollandia	<i>Huizinga és Van der Meij 1989, Koenen és mtsai 1995</i>
	Dánia	<i>Viklund és mtsai 2011</i>
	Lengyelország	<i>Sobczynska és Lukaszewicz 2004</i>
<u>Logaritmusos</u> <u>transzformáció</u>	Svédország	<i>Wikström és mtsai 2005, Olsson és mtsai 2008, Viklund és mtsai 2010 Wallin és mtsai 2003</i>
	Németország	<i>Bruns 1981, Bugislaus és mtsai 2005</i>
	Hollandia	<i>Huizinga és Van der Meij 1989</i>
	Franciaország	<i>Tavernier 1991, Langlois és Blouin 1998, Dubois és Ricard 2007</i>
<u>Inverz normális</u> <u>transzformáció</u>	Csehország	<i>Svobodova és mtsai 2005</i>
	Belgium	<i>Janssens és mtsai 1997</i>
	Írország	<i>Reilly és mtsai 1998 Aldridge és mtsai 2000</i>
	Egyesült Királyság	<i>Kearsley és mtsai 2008</i>
	Spanyolország	<i>Gómez és mtsai 2006</i>

A mérőszámokban alkalmazott elemi függvényekkel való transzformáció szükséges a PATTERSON és THOMPSON (1971) által kifejlesztett REML módszer

alkalmazásához, ugyanis a módszer alkalmazhatóságának feltétele az illesztett modell hibatagjainak normális eloszlása (BERRY 1993).

A genetikában sok vizsgált komplex tulajdonság nem normális eloszlású (MICCERI 1989, ALLISON és mtsai 1999), ami gyakran a statisztikai tesztek fentebb említett feltételének teljesíthetlenségét vonja maga után (BEASLEY és mtsai 2009). A normálistól eltérő mintaeloszlás esetén a statisztikában gyakran alkalmazott eljárás a mintaelemek négyzetgyökét vagy logaritmusát venni, mely művelettel sikerül az adatokat normális eloszlásúvá transzformálni.

Az inverz normális transzformációk módszerével átalakított pontszámok esetében BLOM (1958) a k értéknek a $k=3/8$, TUKEY (1962) $k=1/3$, és WAERDEN (1952) a $k=0$ értéket javasolta. E pontszámok esetében egy ló teljesítményét nemcsak a helyezéssel, hanem az adott versenyen induló lovak számával is korrigáljuk.

A nyeresmény, az elért helyezés és a szerzett hibapontok olyan mennyiségi tulajdonságok, melyeket a ló karrierje során ismételt méréseknek tekinthetünk. A szakirodalmak alapján a helyezéseken túlmenően többen figyelmet szenteltek a dobogós helyezések vizsgálatára is. A sportkarrier során addig elért dobogós helyezések számát, és arányát felhasználva további mérőszámokkal elemezhető a sportteljesítmény. Az első helyezések aránya tükrözi a ló temperamentumát, nyeresre való hajlandóságát, erejét, akaratát, a dobogós helyezések aránya megmutatja a ló szintjét az ugyanazon versenyszámokban indult versenytársaihoz viszonyítva (OJALA, 1987).

A tenyésztérbecslés során többféle **teljesítményt befolyásoló hatással** kell számolni. Ezeket a hatásokat fix és véletlen hatásként megkülönböztetve, HENDERSON (1975) cikke új becslési módszer elméleti alapjait teremtette meg. A módszer a BLUP, mely lehetőséget biztosít fix és véletlen hatások egy modellben történő kezelésére, a rokonsági kapcsolatok figyelembe vételével. Lehetőség nyílik környezeti hatások beépítésére, különböző típusú modellek megválasztására (FARKAS és mtsai, 1999). Ilyen, a teljesítményt befolyásolható hatás lehet például a ló életkora, ivara, pillanatnyi állapota, a lovas, a versenyszint nehézsége, a talaj minősége, egyéb időjárási tényező, sőt még a napszak, vagy akár egy facsoport árnyéka is. Ezeken túlmenően érdemes lehet bevonni a vizsgálatokba a tulajdonos, a tenyésztő, és a versenyév hatását.

Az **életkor** vagy a **születési év** hatásának figyelembe vétele elmaradhatatlan a teljesítményt modellező vizsgálatoknál, hiszen eltérő életkorban a lovak nem azonos

szintű képzettséggel, tapasztalattal rendelkeznek. Az életkor növekedésével (egyre idősebb, képzetesebb és tapasztaltabb lovakra) WIKSTRÖM és mtsai (2005), illetve VIKLUND és mtsai (2010) nagyobb örökölhetőségi értékeket becsültek a díjugratásban és a díjlovaglásban nyújtott teljesítmény mérőszámokra. A nagyobb h^2 értékeket azzal indokolták, hogy a lovak idősebb korban több verseny eredménnyel és magasabb versenyszintek tapasztalatával rendelkeznek.

A lovak hasznosításának időtartama más fajokhoz hasonlóan hosszabb, ugyanis a sportlovak maximális sportteljesítményüket rendszerint 10–15 éves korukra érik el, ami jól érzékelteti a hosszán tartó, eredményes teljesítmény fontosságát. A **hosszú hasznos élettartamnak** a tenyészcélok között, mint fontos tulajdonság szerepelni kellene (WALLIN és mtsai 2001). Ez napjainkban ma már egyre több sportlótenyésztő egyesület tenyészcéljában jelen van.

Az **ivar** hatását – az életkorhoz hasonlóan – a lovak teljesítményének vizsgálatánál szinte kivétel nélkül figyelembe veszik. Több vizsgálatban is megállapították, hogy mind a díjlovaglásban mind a díjugratásban a ménék és a heréltek sikeresebben versenyeztek, jobb teljesítményt nyújtottak, mint a kancák (VIKLUND és mtsai 2010).

Az **élettartam hosszának** értékelésére a versenyrajtok száma lehet alkalmas (FORAN és mtsai 1994), de a születési év és az ivar is hatással vannak rá (WALLIN és mtsai 2001). A ménék és a heréltek, több tanulmány szerint is (WALLIN és mtsai 2000, 2001, ÅRNASON 2006) tovább maradnak a sportban, mint a kancák. Megjegyezzük, hogy ennek oka lehet a kancák tenyésztésbe vétele is.

A **lovas** hatása sem kérdőjelezhető meg, ugyanis a sportteljesítmény a lovas és a ló csapatmunkájának az eredménye. LEWCZUK és mtsai (2006) vizsgálták a lovak ugrás közben mért paramétereinek ismételtetőségi értékét lovas alatt és szabadon ugrás közben (lovas nélkül). Eredményeik alapján, akadálymagasságtól függetlenül lovas alatt magasabb ismételtetőségi értéket becsültek.

POWERS és KAVANAGH (2005) tapasztalt ugrólovak mozgását vizsgálva kezdő és tapasztalt lovasok alatt, nem találtak szignifikáns különbséget lovasok között a ló sebességében, lépéshosszában, az elrugaskodási pont illetve a landolás akadálytól való távolságában. Azt találták, hogy a lovasok test helyzete és mozgása nem volt hatással a ló ugrástechnikájára.

Ezzel ellentétben, az általános meggyőződéssel összhangban, miszerint a lovas erősen befolyásolja a ló ugrástechnikáját, DUCRO (2011) holland sportlovakat értékelő tanulmányában arra a következtetésre jutott, hogy a lovas hatása a teljesítményt tükröző

(fenotípusos) varianciának figyelemre méltó arányát teszi ki, a díjugratásban 10%, a díjlovaglásban 15%–át. A verseny nehézségi szintjének növelésével a lovas hatása a teljesítményre egyre nagyobb. A magasabb versenyszinteken általában a tapasztaltabb lovasok (és lovak) versenyeznek. Mivel egy lovat több lovas is lovagolhat sportkarrierje során, és egy lovas is több lovat lovagol, a lovas hatását véletlen tényezőként célszerű figyelembe venni az alkalmazott modellben.

VIKLUND és mtsai (2010) és DUCRO (2011) szerint a pontosabb tenyésztékek becsléséhez szét kellene választani a lovas és a ló hatását. Ehhez olyan versenyeket kellene felállítani, ahol a lovasok több lovat lovagolhatnak, és ugyanazt a lovat több lovas lovagolja, a gyakorlatban azonban ez bonyolult. Köztes megoldásként javasolják a lovasok képzettségi/tapasztalati szintjeinek meghatározását.

A lovak teljesítményének összehasonlításához lényeges információ **a verseny nehézségi szintje** (TAVERNIER, 1990), hiszen a lovak eredményeit egy versenyszinten belül lehet összehasonlítani (DUCRO, 2011). A verseny nehézségét vagy a teljesítményt leíró mérőszámra illesztett modellbe építjük, vagy külön tulajdonságként kezeljük az egyes nehézségi szinteket (DUCRO, 2011). Vizsgálatában HASSENSTEIN (1998), ALDRIDGE és mtsai (2000), WHITAKER és HILL (2005), QUINN (2005), LÜHRS–BEHNKE és mtsai (2006), JANSSENS és mtsai (2007), KEARSLEY (2008), és NOVOTNÁ és mtsai (2014) külön tulajdonságként kezelték a versenyszinteket.

BUXADERA és MOTA (2008) brazil versenylovak teljesítményének vizsgálatakor a **napszakot** is figyelembe vették – 2 kategóriába sorolva – random regressziós elemzésükben. A késő délutáni órákban rendezett versenyeken versenyhossztól függetlenül több időre volt szüksége a lovaknak a pálya teljesítéséhez, mint a napközben rendezett versenyek esetében.

LEWCZUK (2008) azt vizsgálta, hogy az **akadályok közötti távolság** változtatása (6,8–7,1 m) hogyan befolyásolja a lovak ugrási paramétereit a szabadon ugratóban. Eredményei alapján, az akadályok közötti távolság befolyásolta az ugrási paramétereket, ugyanis minél rövidebb volt a távolság, annál magasabb volt az ugrás.

2.3. Értékmérő tulajdonságok modellezése

Az egyedek tenyésztékét adott tulajdonságra csak becsülni tudjuk matematikai módszerek felhasználásával. Az értékmérő tulajdonság mérési adatait modellezhetjük a gyakorlatban elterjedt lineáris modellek segítségével. Az értékmérő tulajdonság, mint függő változó lineárisan kombinálható a tulajdonságot befolyásoló hatásokból, mint független változókból. A független változók között megkülönböztetünk fix és véletlen hatású faktorokat. Egy adott hatás besorolása fix vagy random/véletlen kategóriába elsősorban a vizsgálat céljától függ. Amennyiben a hatást randomnak tekintjük, a hatásokhoz tartozó értékek egy nulla átlagú ismeretlen varianciájú valószínűségi eloszlásból származnak. Ebben az esetben minket rendszerint csak az eloszlás varianciájának a becslése érdekel. A fix hatások esetében a hatást az egész kísérlet alatt állandónak tekintjük, tehát nem tartozik a hatáshoz variancia. Mivel egy hatás fix vagy random hatásként történő figyelembe vétele attól függ, hogyan értelmezzük a hatás értékeinek eloszlását, megeshet, hogy ugyanaz a hatás az egyik tanulmányban fixként, míg egy másikban randomként szerepel. Egy szignifikáns hatású környezeti tényezőt akkor tekintünk fixnek, ha az olyan kezelésnek tekinthető, melynek különböző szintjei/osztályai vannak, a vizsgálat célja pedig a kezelés különböző szintjei/osztályai hatásának értékelése. A random hatás jellemzője ezzel szemben, hogy a kérdéses tényezőt variancia-komponensként kezelve, elsősorban arra vagyunk kíváncsi, hogy a vizsgált tulajdonságban jelentkező variancia milyen mértéke (hányada) tulajdonítható az adott random hatásnak. Az állandó hatások jellemzője, hogy csak a megadott szinteken fejtik ki hatásukat. Ilyen hatások lehetnek a tenyészet, év, évszak, ellések száma, és az ivar. A véletlen hatások egy eloszlásból vett mintának tekinthetőek, abban a populációban fejtik ki hatásukat, amelyből a véletlen hatást mintázták.

A lineáris és általánosított lineáris modellekben csak fix hatású, míg a lineáris vegyes modellben, illetve az általánosított lineáris vegyes modellben fix és véletlen hatású faktorok egyaránt szerepelhetnek.

A lineáris vegyes modell általános alakja mátrix jelöléssel:

$$y = X\beta + Zu + \varepsilon$$

ahol

y – a megfigyelések vektora,

X – fix hatások előfordulási mátrixa

β – a fix hatások vektora,

Z – véletlen hatások előfordulási mátrixa

u – a véletlen hatások vektora, melyre $u \sim N(0, G)$

ε – hibatag, véletlen hibák vektora, melyre teljesül $\varepsilon \sim N(0, R)$.

A G és R mátrixok struktúrája bár nagyon összetett lehet, általában diagonális alakú

$$G = \sigma_\tau^2 I_a$$

$$R = \sigma^2 I_N,$$

ahol N a megfigyelések száma, a az u szintjeinek száma, σ_τ^2 és σ^2 szórásnégyzetek (varianciák), I az identikus mátrix.

A random változók várható értéke és kovarianciái az alábbi mátrix formában írhatók le

$$E \begin{bmatrix} y \\ u \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Var} \begin{bmatrix} y \\ u \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ZGZ' + R & ZG & R \\ & GZ' & G & 0 \\ & R & 0 & R \end{bmatrix}.$$

A meghatározandó paramétereket a vektortok tartalmazzák, melyekhez az úgynevezett vegyes modell egyenleteket kell megoldani

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}.$$

A vegyes modell egyenletből származtatott megoldások

$$\begin{aligned} \tilde{\beta} &= (X'V^{-1}X)^{-1} X'V^{-1}y \\ \hat{u} &= GZ'V^{-1}(y - X\tilde{\beta}) \end{aligned}$$

ahol $V = \text{cov}(Zu + \varepsilon)$. A $\tilde{\beta}$ -t a legjobb lineáris torzítatlan előrejelzésnek, az \hat{u} -t a legjobb lineáris torzítatlan becslésnek nevezzük. Ha a varianciák ismertek, akkor a megoldásokat egyszerű mátrix műveletekkel megkaphatók. Ha a varianciák ismeretlenek, akkor azokat az adatokból kell becsülnünk. A varianciák becslésére több

módszer létezik, melyeket bemutat FARKAS (2008), illetve részletes leírásuk megtalálható MRODE (1996) és HENDERSON (1953) közleményében. A három leggyakrabban használt módszer a variancia komponensek becslésére a korlátozott maximum likelihood módszer (restricted maximum likelihood, REML), a Gibbs-féle mintavételezés és az \mathfrak{R} módszer. A REML módszer nagy előnye, hogy a kapott eredmények mindig a paraméterterbe esnek, hátránya viszont a nagyméretű problémáknál jelentkező erőforrásigény. A Gibbs-féle mintavételezés előnye a könnyű megvalósíthatóság programozási szempontból, de a lassú konvergencia miatt rendkívül hosszú futásidőre kell számítani. REVERTER és mtsai (1994) az \mathfrak{R} módszert, MEYER (1997) közleményében a REML elméleti hátterét, JAMROZIK és mtsai (1997) a Gibbs mintavételezést használták a variancia komponensek becslésére. Az \mathfrak{R} módszer nagyméretű modellekre is jól alkalmazható, de viszonylagosan nagy hibát eredményezhet (MISZTAL, 2000).

Röviden a varianciák becslése szintén egyenletek megoldásával iteratív numerikus módszerek segítségével valósul meg. A becsült varianciákból pedig genetikai paraméterek és tenyésztési értékek becsülhetők.

A lineáris modellek használatán túl a random regressziós (RR) modelleket az állattenyésztés számos területén alkalmazzák. A random regressziós modellben az additív genetikai, és az állandó környezeti hatás is regresszióval becsülhető, és mindkét hatás függ az időtől. A random regressziós modellek módszerét HENDERSON (1982) és LAIRD és WARE (1982) vezették be. Akkor érdemes használni, ha a vizsgált tulajdonság ismétlődve, az egyed különböző életszakaszaiban eltérő időpontokban vagy környezetekben fejeződik ki (HILL és BROTHERSTONE, 1999). Ebben az esetben a vizsgált hatás fokozatosan változik az idő, vagy más folytonos változó függvényében. Ha a véletlen hatásokat az életkor függvényében modellezzük, akkor a különböző időpontokhoz tartozó (ko)variancia egy folytonos függvénnyel jellemezhető. Az ismételt méréseket többtulajdonságos modellel is le lehetne írni. A random regresszió előnye, hogy az adott tulajdonságot a függő változó minden pontjában, azaz minden korban lehet mérni, és azt nem kell szakaszokra osztani.

A random regresszió az állattenyésztésben való alkalmazásának lehetőségeiről SCHAEFFER (2004) ad áttekintést. SCHAEFFER és DEKKERS (1994) a módszer használatát a tejelő szarvasmarha tenyésztésben javasolta napi termelési adatok (test day production records) elemzésére. A módszert alkalmazták sertésnél a hátszalonna

vastagság, takarmányfelvétel (SCHNYDER és mtsai, 2001) valamint testsúly és az alomnagyságra vonatkozó adatok elemzésére. Továbbá húshasznosítású szarvasmarhánál (ESTANY és mtsai, 2002) testalakulási adatok elemzésére. A sportlovak tenyésztéértékbecslése során a random regressziót alkalmazták BUGISLAUS és mtsai (2006), BUXADERA és MOTA (2008), GÓMEZ és mtsai (2010), valamint POSTA és mtsai (2010). Tejelő szarvasmarhánál a termelési adatok elemzésére (BIGNARDI és mtsai, 2009) alkalmazták a módszert.

A random regresszió a lótenyésztésben még csak kevés területen alkalmazott módszer, míg a tejelő–szarvasmarha tenyésztésben egyre szélesebb körben terjed, mivel a random regressziós modellel minden egyedre külön–külön adható meg laktációs görbe, így pontosabban szemléltethető az egyedek közötti genetikai különbség (MÁRKUS és mtsai, 2007).

Versenyteljesítmény értékelésére BUGISLAUS és mtsai (2006) alkalmaztak random regressziót német ügetőlovak sporteredményeinek elemzéséhez. Különböző modelljeikben mérőszámként a lovak sebességét használták fel. Hasonló vizsgálatokról számoltak be GÓMEZ és mtsai (2010, 2011) spanyol ügetőállomány sporteredményeinek értékelésekor.

A random regressziót használó tenyésztéértékbecslési módszerek hátránya azonban, hogy rendkívül számításigényesek. A számítások elvégzésére alkalmas szoftverek a BLUPF90 programcsalád (MISZTAL, 2003), a VCE–6 (GROENEVELD és mtsai, 2010), az ASREML (GILMOUR és mtsai, 2006) és a WOMBAT (MEYER, 2006).

2.4. A becsült tenyésztéértékek megbízhatóságát befolyásoló tényezők

A genetikai értékelés függ a **helyes pedigré információtól**. A származás hiányos ismerete jelentősen rontja a tenyésztési program sikerét (SIWEK és mtsai, 2007). Nemzetközi kutatásokban vizsgálták a hibás származási adatoknak a tenyésztéértékekre vonatkozó hatását, THOREN–HELLSTEN és mtsai (2009) eredménye szerint a hiányos pedigré információ a külföldi tenyészmenek tenyésztéértékét átlagosan egy szórás egységgel változtatta meg. Ez a tény a szelekció szakmai megalapozottságát kérdéssé teheti, és ilyenkor a generációnkénti genetikai előrehaladás már nem a végrehajtott szelekciótól függ. Következtetésük szerint megbízható tenyésztéérték becsléshez a legfontosabb tényező a hiánytalan származási információ. BARON és mtsai (2002)

szerint a hibás származás az egyed tenyésztértéke mellett annak oldalági rokonai tenyésztértékét is torzíthatja.

Egy egyed tenyésztértéke becsülhető az ősök és oldalági rokonok teljesítménye, a saját teljesítmény és az ivadékok teljesítménye alapján. A pontatlan vagy nem teljes származás miatt jelentős információvesztés torzíthatja a szülőket, az oldalági rokonok, ezáltal a vizsgált egyed tenyésztértékét. A származás különösen akkor hasznos információforrás, ha az ősök és oldalági rokonok is rendelkeznek eredménnyel, mért adatokkal. A használt komplex számítási mód lehetővé teszi egy egyed tenyésztértékének becslése során az összes rokoni teljesítmény (ősök, oldalági rokonok) figyelembe vételét. A hiánytalan, több nemzedékre kiterjedően elérhető pedigri-információ éppen ezért rendkívül fontos a tenyésztértékbecslésben, ugyanis csak így lehet kapcsolatot teremteni az egyedek és oldalági rokonaik teljesítményei között.

Csak az ivadékok sportteljesítménye alapján becsült tenyésztértékek szerint rangsorolhatjuk nagy biztonsággal az egyedeket, viszont problémát jelent, hogy a tenyészménenkénti kevés csikószám miatt csak töredéke vesz részt a sportversenyeken. A torzítást az eredményezi, hogy a tenyésztértékbecslésből kiesnek az eredménnyel nem rendelkező lovak, így értékes információk vesznek el. Az ideális az lenne, ha minden ivadék vizsgálatát el lehetne végezni, ez azonban jelentős költségeket jelent. A sportban kipróbált **ivadékok számának növelésével** a becsült tenyésztérték megbízhatósága is javul. A megbízhatósági értékek az évek során folyamatosan növekednek annak függvényében, hogy az egyednek hány új ivadéka és hány oldalági rokona kerül kipróbálásra a sportban. A ménekről kapott információ biztonságának növelése érdekében az ivadékok mellett azok testvéreiről is információt kell nyerni, mert fontos információt szolgáltatnak a mének örökítő képességéről (KALM, 1997).

Tenyésztértéket legmegbízhatóbban az ivadékok alapján becsülhetünk. MIHÓK (2005) szerint a sportlótenyésztésben az ivadékvizsgálatnak a szerepét is másképpen kell megítélni, mint az egyéb állatfajoknál. A méneknek 12 éves korukban, vagy azt követően lehetséges az értékeléshez elegendő ivadéka a sportban.

A legtöbb országban csak a tenyészménekre becsült tenyésztértékeket közlik, mivel a kancák kevés ivadékszám miatt a becsült tenyésztérték megbízhatósága rendkívül alacsony. Azonban nem szabad elfelejteni, hogy az egyed genotípusát az anyai hatás is nagymértékben befolyásolja. Következésképp a kancák szelekciójára (gondoljunk csak a kancacsaládok fontosságára) is nagy hangsúlyt kell fektetni.

A sportversenyek eredményei alapján becsült tenyésztértékek megbízhatóságát illetően a minél több ivadék kipróbálása mellett, roppant fontos a lovankénti **minél több start**. Egy ír tanulmányban FORAN és mtsai (1994) díjugratásban versenyző lovak startjainak számát használták a hosszú hasznos élettartam mérésére. A több sporteredmény ugyanis jobban tükrözi a teljesítményt, egy–egy kiemelkedő teljesítmény nem jelent annyit, mint egy folyamatos egyenletes teljesítmény folyamatos fejlődés mellett (SOMOGYI 2006). A nemzetközi teljesítményszintre való kiképzés a jelentős anyagi ráfordítás mellett sok időt is igényel, így nem közömbös a sportban eltöltött időtartam. A legutóbbi vizsgálatok szerint fontos, hogy **minél több éven** keresztül versenyezzenek aktívan a lovak, ugyanis a hosszabb versenyzési idő is növeli a lovak genetikai értékelésében a becslés pontosságát. Egy svéd tanulmányban (BRAAM és mtsai, 2011) összefüggést közöltek a sportkarrierkor megkezdett életkor és a genetikai értékelés megbízhatósága között. Ugyanis minél fiatalabban kezdi a sportkarrierjét egy ló, annál tovább tart a sportkarrierje, 2–3 évvel több évet tölt el a sportban. POSTA és mtsai (2013) szerint ez lehet a hosszú hasznos élettartam miatt, de annak természetes következménye is, hogy hosszabb idő áll rendelkezésükre. Más nézőpontból vizsgálva, a sportba fiatalon bekerülő lovak feltételezhetően a legtehetségesebbek, és így az első induláskori életkor figyelemre méltó genetikai varianciát mutat. Az **első induláskori életkor** hatással van a későbbi versenyben töltött évekre, ugyanis a sportpályafutásukat korábban kezdő lovaknak tovább tart a karrierjük, nagyobb eséllyel maradnak hosszabb ideig a versenypályákon (PHYSICK–SHEARD 1986, SAASTAMOINEN és OJALA, 1994, SOBCZYNSKA 2007). RICARD és FOURNET–HANOCQ (1997) is arról számolnak be, hogy a későbbi életkorban kezdődő sportpályafutás negatív hatással van a ló sportkarrierjének hosszára. POSTA és mtsai (2013) vizsgálatukban szintén megerősítették, hogy az első induláskori életkor egyaránt szignifikánsan ($P < 0,05$) hat a sportban töltött évekre. A túlélés elemzéses vizsgálatokból az is kiderül, hogy a magyar díjugrató szakágban leghosszabb ideig azok a sportlovak versenyeztek, melyek a sportba négy évesen került be. Továbbá minél korábbi életkorban kezdte meg a ló a sportkarrierjét, annál tovább maradt a pályákon.

Az első induláskori életkor megválasztásában főleg környezeti tényezők állnak, úgy, mint a tulajdonosi és tréneri szándék, fiatalkori sérülések, de emellett a koraérésben, a képességekben és egészségi állapotban mutakozó genetikai különbségek is befolyásolják (SAASTAMOINEN és NYLANDER, 1996).

Napjainkban a **versenyzéssel eltöltött évek száma** alapján mérik a lovak hosszú hasznos élettartamát is. Díjugró lovaknál RICARD és FOURNET–HANOCQ (1997) elemezték a hosszú hasznos élettartam indirekt előrejelzőjeként a versenyzéssel eltöltött időt. Azok a lovak, amelyek sportkarrierjüket egészen fiatalon kezdik el, hosszabb ideig maradnak a sportban (RICARD és BLOUIN, 2009). A sportban töltött évek száma alapján 0,1–es örökölhetőségi étéket becsültek a hasznos élettartamra. A sportban töltött évek száma és a sportteljesítmény között pozitív összefüggést találtak BRAAM és mtsai (2011). BRAAM (2011) tanulmányában közli, hogy a versenyzéssel töltött évek száma szignifikánsan nőtt azokban az esetekben, amikor a lovak egynél több szakágban versenyeztek sikeresen fiatal korban.

A mének tenyésztési megbízhatóságának növelésére megoldást kínál a sportban résztvevő lóállományok nemzetközi szintű genetikai értékelése. A lovak jelentős részénél a külföldi sporteredmények nem állnak rendelkezésre sem a tenyésztőszervezetek, sem a lovasok számára. A nemzetközi eredmények beépítését a tenyésztésközlésbe többen is szorgalmazzák. A kieső adatok jelentős mértékben torzíthatják a becsült tenyésztési értéket. Emellett a külföldről érkező, Magyarországon versenyző lovak sporteredményeihez a pontosan rögzített származási adatok is fontosak lennének a gondosan felépített pedigréhez, és a minél pontosabb tenyésztési értékek becsüléséhez.

A különböző tenyésztőszervezetek együttműködésével, a saját adatbázisok összehangolásával és megosztásával megvalósítható az összevont értékelés, különösen a nemzetközi sportló–fajtáknál, az állományok közötti fennálló genetikai kapcsoltság miatt. Az egyesített genetikai értékelés lehetővé tenné a tenyésztésről jóval objektívebb információ elérését, valamint a sportlovak összehasonlítását az országok között. Ilyen megvalósult kezdeményezés egy 2010–ben indult együttműködés, a Skandináv Interstallion Projekt, aminek célkitűzése a dán, finn, norvég és svéd sportlovak egyesített genetikai értékelésének és a mének egyesített tenyésztési értékének meghatározása. A projekt célja a populációk közötti genetikai kapcsoltság felmérése után a fiatal lovak teljesítményvizsga– és sporteredményeiből egyesített adatbázis létrehozása, különböző modellek tesztelése, végül az adatelemzések után az eredmények bevezetése a tenyésztésbe. Az értékelés a skandináv országokban gyakran használt, egyébként külföldi tenyésztőszervezetekhez tartozó ménekre is vonatkozik.

2.5. Tenyésztértékbecslési módszerek Nyugat–Európában

A legtöbb sportló tenyésztőszervezet célja a korrekt, hibátlan küllem mellett, a lovas sportokban kiemelkedő teljesítményre képes lovak tenyésztése (KOENEN és ALDRIDGE, 2002). A tenyésztérték meghatározásában a tenyésztőszervezetek járnak az élen, a tenyészcélok azonban tenyésztőszervezetenként eltérőek. Ennek ellenére a sportlovak teljesítményvizsgájában sok hasonlóság fedezhető fel az európai tenyésztőszervezetek között. A vezető európai lótenyésztő szervezetek háromféle információforrást használnak a sportteljesítmény jellemzőinek becslésére (tenyésztértékbecsléshez), a központi vizsgát, az üzemi vizsgát és a versenyeredményeket.

Sok tenyésztőszervezet a genetikai szelekcióval akarja fejleszteni a díjlovagló és díjugrató sportlovak teljesítményét (KOENEN és mtsai, 2004).

A magasabb szintű versenyek eredményei a legtöbb sportlótenyésztőnél hangsúlyozottan szerepelnek a tenyészcélban (KOENEN és mtsai, 2004), azonban használatuk közvetlen szelekcióra nem hatékony. Egyrészt, magas szintű versenyeredményeket 8 évesnél idősebb lovak érnek el, ami a generációs intervallumot hosszabbítja. Másrészt, a magas szintű versenyjellemzők örökölhetőségi értéke általában kicsi, 0,10–0,25 (RICARD és mtsai, 2000), amely részben a lovas hatása is (BROCKMANN és BRUNS, 2000). A csekély örökölhetőségi érték azt jelenti, hogy a tenyésztérték csak sok ivadék tesztelése esetén megbízható.

Több tenyésztőszervezet az idősebb lovak versenyeredményei helyett inkább a fiatal lovak vizsgaeredményeit használja a versenyen nyújtott teljesítmény előrejelzésére (DUCRO és mtsai, 2007b).

A szervezetek tenyészcéljai csak az irány meghatározásában egységesek, a megvalósítás módját tekintve eltérőek, jelezve, hogy a lótenyésztésben sok értékmérő tulajdonságot nem könnyű objektíven értékelni. A legtöbb tenyészcélban szerepel a testalkat, a jármódok javítása, valamint a díjugratásban és a díjlovaglásban nyújtott teljesítmény növelése. Nehézséget jelent a sportlótenyésztés tenyészcéljainak megvalósításában az összetettség, az egyes jellemzők érzékenysége. Sok jellemző számos faktor egymásra hatásának következménye, például a szervezeti szilárdság testalkati és egészségi jellemzők eredménye. További nehézséget jelent, hogy sok tenyésztőszervezet nem választja szét a szakági követelményeknek való megfelelést. Elvárja, hogy a ló

különböző szinteken (amatőr, országos vagy nemzetközi) egyformán teljesítsen (KOENEN és mtsai 2004).

A holsteini, a selle francais és az ír sportló fajta tenyészcéljában a díjugratás, míg a trakehneni fajta esetében a díjlovaglás van előtérben. A hannoveri, a belga, a dán, a holland és a svéd melegvérű fajtákban a tenyészcél a díjlovaglást és a díjugratást egyaránt magába foglalja (MIHÓK, 2010).

Több európai országban meghatározták díjugrató sportlovak hivatalos tenyészértékét a teljesítményre (KOENEN és ALDRIDGE, 2002). Ezek a becsült tenyészértékek nemzetközi információkon alapszanak, mivel a fedezőmének piaca nemzetközi. Az 1980-as évek elején ugyanezen okok vezettek ahhoz, hogy a tejelő szarvasmarha tenyésztők több információt kérjenek a szarvasmarha genetikai értékeléséről különböző országokban (PHILIPSSON, 1987). Így a tenyésztői munka segítése érdekében először 1983-ban létrehozták az Interbull bizottságot, mint egyesített vállalkozást, majd 1988-ban, mint az ICAR (International Committee for Animal Recording) állandó albizottságát. A lókereskedelem fellendülésének köszönhetően az elmúlt 20 évben a genetikai anyag cseréje egyre inkább megnőtt a sportló tenyésztést illetően. Ez a nagymértékű fejlődés igényt teremtett a tenyésztők és a tenyésztőszervezetek között arra, hogy a ménéről objektív információkat kapjanak. 1998-ban létrehozták – a szarvasmarha példáját követve – a WBSFH (World Breeding Federation for Sport Horses) és az ICAR támogatásával az Interstallion bizottságot, mint az EAAP (European Association for Animal Production) egy munkacsoportját. Az Interstallion fő célja (KOENEN és ALDRIDGE, 2002) egyrészt, hogy megvitassa az aktuális tenyészcélokat, tesztelési programokat és genetikai értékelési eljárásokat, másrészt összehasonlítsa a különböző országokban becsült tenyészértékeket. A becsült tenyészértékek összehasonlítása céljából az Interstallion két kísérleti projektet kezdeményezett (BRUNS és mtsai, 2004).

Az **első projektben** THOREN–HELLSTEN és mtsai (2008) öt európai sportló populáció (dán, holland, svéd, hannoveri és holsteini) méneskönyve alapján vizsgálták a becsült tenyészértéket a fiatal lovak vizsgaeredményeinek (ugrásra való készség, díjlovaglásra és díjugratásra való képesség) felhasználásával. Továbbá vizsgálták a sportban teljesítő ménék országonként becsült tenyészértéke nemzetközi szinten való használatának előfeltételeit. Az országok közötti összehasonlítás csak akkor megvalósítható, ha fennáll a populációk közötti genetikai kapcsoltság, ugyanis a gyenge kapcsolat az eredményekben nagy ingadozáshoz vezet (JORJANI és mtsai 2005,

MARK és mtsai, 2005). Ahhoz, hogy megállapítsák a becsült tenyésztértékek nemzetközi összehasonlításának használhatóságát, még több és még részletesebb információkra van szükség. A megfelelő kapcsoltság szükséges, hogy a különböző országokban becsült ugyanazon jellemzők közötti genetikai korreláció becslése lehetséges legyen (SCHAEFFER, 1994; ÅRNASON és RICARD, 2001). THOREN–HELLSTEN és mtsai (2008) végül megállapították, hogy a résztvevő tenyésztőszervezetek genetikai értékelésében használt modellek és anyagok különbözőségének ellenére a genetikai kapcsoltság becslése megvalósítható. A vizsgált öt tenyésztőszervezet közötti genetikai kapcsoltság olyan mértékű, hogy a populációkban tesztelt hasonló jellemzők közötti genetikai korreláció becslése lehetséges. Továbbá megállapították, hogy a vizsgált ló populációk közötti genetikai kapcsoltság idővel egyre szorosabb lesz. Tanulmányuk szerint a két legjobban kapcsolt populáció a dán és a svéd melegvérű.

Az országok közötti genetikai korreláció meghatározását azonban jelentősen megnehezíti, hogy ugyanazoknak a lovaknak a különböző országokban eltérő azonosítóik vannak. Erre a problémára az ún. UELN-szám (Universal Equine Life Number) kínálhat megoldást (THOREN–HELLSTEN és mtsai, 2008), amely könnyű átjárhatóságot biztosít a szervezetek között a lovak azonosítására. RUHLMANN és mtsai (2009a) iteratív programot használtak a lovak azonosítására, amely program minden ős és minden ivadék azonosító számát összepárosította.

A **második projekt** eredményeit RUHLMANN és mtsai (2009a) közlik. Hét európai ország, nevezetesen Belgium, Dánia, Franciaország, Németország, Írország, Svédország és Hollandia közötti genetikai kapcsoltságot becslik a teljesítményre a díjugrató versenyek alapján. Minden egyes ország választott nemzeti genetikai értékelési kritériumokat, valamint egy modellt, amely a fennálló tesztelési rendszer szabályain alapszik. A kapcsoltságot a tenyészmének becsült tenyésztértékei alapján becsülték akkor is, ha minden egyes országban egyed modellt használtak az országos értékelésben. Ezen felül megjegyzik, hogy a legtöbb országban csak a tenyészmének tenyésztértékeit közlik.

A második projekt eredményeként végül azt kapták, hogy Franciaország, Hollandia és Németország, és opcionálisan Belgium vagy Svédország jól kapcsolt csoportot alkot. A kapcsoltság valószínűleg tovább fog növekedni a jövőben, az egyre gyakoribb genetikai anyag cseréjének köszönhetően. A projekt folytatásaként RUHLMANN és mtsai (2009b) a díjugrató versenyek jellemzőire genetikai korrelációt számoltak, öt európai

országban, úgymint Belgium, Dánia, Franciaország, Írország és Svédország. Németország és Hollandia kihagyása kis mértékben csökkentette a kapcsoltság fokát, mivel több országban is az ivadékokkal rendelkező ménnek és a tenyészmén ivadékok pedigréje német eredetre vezethető vissza.

A jövő kihívásai között szerepel az értékelések még hatékonyabb módszereinek fejlesztése, az üzemi vizsgák és verseny adatok integrálása, az értékelési módszerek standardizálása régiók között, így a tanulmányok világszerte összehasonlíthatók lesznek (BAILEY és BROOKS, 2013).

Az alábbiakban az egyes országokban alkalmazott, illetve jellemző módszerekről adok áttekintést.

2.5.1. Németország

Németországban régebben a tenyészértékbecslés alapját a sajátteljesítmény vizsgálatok képezték. A ménnek számára rendezett teljesítményvizsgák eredete 1926-ra nyúlik vissza (BADE és mtsai, 1975). A 80-as években BRUNS (1981) és MEINARDUS és BRUNS (1987) közölték, hogy a versenyek indulásonkénti nyereségösszege részt vesz a tenyészjelöltek genetikai értékelésében. BRUNS (1981) az ivadékok ismételt teljesítményét használva szelekciós indexet konstruált a ménnek tenyészértékének becslésére. 1990 óta a sportlovak tenyészérték becsléséhez a nyereségösszeg logaritmusára átalakított versenyeredményeket használták. Ezt a jellemzőt használva az indulólovak 75%-a nem járult hozzá a tenyészértékbecsléshez, mert az indulólovaknak csak 25%-a kapott nyereséget. CHRISTMANN (1996) közleménye szerint a Hannoveri Tenyésztő Szövetség felismerése szerint a ménnek szelekciójának a központi sajátteljesítmény vizsgájukon és a kancaivadékaik vizsgaeredményein kellene alapulnia. KALM (1997) arról számolt be, hogy a német sportlótenyésztés a populációgenetika bevonásával erősítette meg tenyésztési módszereit. A teljesítményvizsgálatok következetes továbbfejlesztése valósult meg.

A kancavizsga az ivadékvizsga hatékonyabb formája, mert a kancavizsga változóinak az örökölhetősége nagyobb, mint a versenyeken nyert változóké (BRUNS és SCHADE, 1998). HASSENSTEIN és mtsai (1998) megkísérelték minden induló ló teljesítményét figyelembe vevő jellemző, és egy statisztikai modell kidolgozását, hogy torzítatlan becsléseket kapjanak genetikai paraméterekre és tenyészértékekre. A régebbi, versenyekre alapozott tenyészértékbecslési módszer hátránya alovak előszelekciója,

aminek során figyelembe veszik alkalmasságukat és tehetségüket a díjugratás és a díjlovaglás szakágakban. Emiatt az előszelekció miatt a genetikai variancia alulbecsült lett, és a lovak tenyésztértéke is torzult (LÜHRS–BEHNKE és mtsai, 2002).

A versenyekre alapozott tenyésztértékbecslési módszer szisztematikus hibáját a kétlépcsős szelekció bevezetésével sikerült kiküszöbölni. BRUNS és SCHADE (1998) közleményében összehasonlítva az egy lépéses (a mének sajátteljesítmény–vizsgáin alapuló) szelekciót a két lépcsős szelekcióval, megállapították, hogy a mének szelekciója a saját és ivadékaik teljesítménye alapján megnöveli a várt genetikai előrehaladást az egylépcsős szelekcióhoz képest. Azonban hangsúlyozandó, hogy a mének sajátteljesítmény vizsga alapján végzett szelekciója intenzívebb, mint az ivadékok teljesítménye alapján végzett szelekció.

A különböző teljesítményvizsgák és versenyek jellemzői közötti nagyszámú kapcsolat miatt 2001-ben bevezetésre került egy új integrált tenyésztértékbecslési módszer (összevont tenyésztértékbecslés), melynek fő célja az volt, hogy a tenyésztésből, ill. a sportból származó összes információ bevonásával – az ugró, ill. idomíthatósági képességet híven kifejező – tenyésztértéket lehessen becsülni. Változatos tudományos becslések vezettek a jelenleg alkalmazott módszerhez (HASSENSTEIN, 1998, VELSEN–ZERWECK, 1998). A Göttingeni Egyetem Genetikai és Állattenyésztési Intézetében folyó kutatások eredményeit felhasználva a modell kidolgozása, illetve a gyakorlatban történő alkalmazása a VIT-ben (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung) történt az FN tenyésztértékbecslési munkacsoportjával együttműködve. A változás az eddigi becslési eljárásokkal szemben a feldolgozott adatok mennyiségének, ebből következően egy lényegesen kidolgozottabb becslési modellben van.

Az új módszer egytulajdonságos, ismételhetőségi egyedmodellen alapul és egyidejűleg tartalmazza a mének, illetve a kancák teljesítményvizsgájából, valamint a sportlovak versenyeredményeiből (a nem helyezett lovakat is beleértve) eredő információkat, amely során 4 fő forrásból származó 15 jellemzőt vesz figyelembe:

- 1) mén sajátteljesítmény–vizsga (lépés, ügetés, vágta, lovagolhatóság, szabadon ugrás és lovas alatti ugrás)
- 2) kanca sajátteljesítmény–vizsga (lépés, ügetés, vágta, lovagolhatóság és szabadon ugrás)
- 3) fiatal (4–6 éves) lovak díjugrató és díjlovagló versenyei (eredmények, beleértve a nem helyezett lovakat is)

4) díjugrató és díjlovagló versenyek eredményei (beleértve a nem helyezett lovakat is)

A mén- és kanca teljesítményvizsgák korai információt nyújtanak és a teljesítményvizsgán megfigyelt jellemzők szoros kapcsolatban vannak a versenyeken nyújtott teljesítménnyel. Az új módszerrel a pontosság növekszik, az előszelekció miatti tenyésztési torzulása csökken (LÜHRS–BEHNKE és mtsai, 2002).

JAITNER és REINHARDT (2003) közlése szerint, a német becslés valószínűleg világszerte a legfejlettebb lovakra alkalmazott tenyésztési becslés, azonban a Német Lovas Szövetség munkacsoportjával együttműködve folyamatosan finomítják. Összehasonlítva a korábbi német becslési rendszerrel az új rendszernek két nagy előnye van. Az egyik az, hogy a sportadatokat figyelembe véve minden indulót bevonnak a vizsgálatba, míg korábban csak azokat az egyedeket vizsgálták, amelyek pénzüsszeget nyertek a versenyeken. A másik előnye pedig, hogy a két fő különböző adatforrást kombinálják és használják fel – sport és tenyésztés – és így a lovak teljesítményadataira vonatkozó majdnem minden információt számításba vesz.

KOENEN és ALDRIDGE (2002) közleményében olvasható, hogy a német modell a legrágább, amely a versenyeredményeket a ménvizsgák és a kancavizsgák eredményeit egyszerre veszi figyelembe. Németországban a becsült tenyésztési értékeket indexekké alakítják át. A Németországban alkalmazott melegvérű háttaslovak teljesítményének (díjugratás, díjlovaglás) becslési rendszerét VELSEN–ZERWECK (1998) elemzi versenyeken elért helyezések alapján, illetve vizsgaeredmények alapján való elemzés az FN (2001) közleményében olvasható.

A németországi tenyésztési becslést JAITNER és mtsai (2005) új szempont alapján mutatták be közleményükben. Az eddigi eljárásoktól eltérően, a Hannoveri Lótenyésztő Egyesület az árverési eredmények alapján kísérli meg a tenyésztési becslést.

2.5.2. Hollandia

Hollandiában a versenyeredményeket (legmagasabb szintű) és a központi teljesítményvizsga eredményeit (lovagolhatóságra adott pontok) egy kétváltozós egyedmodellben kombinálják, hogy a versenyeken nyújtott teljesítményből becsüljék a tenyésztési értéket (KOENEN és ALDRIDGE, 2002). 1957 óta rendeznek üzemi teljesítményvizsgákat kancák és heréltek számára, amely vizsgákon a teljesítmény

jellemzőket és a viselkedést mérik (HUIZINGA és mtsai, 1990). A ménék számára 1966 óta rendeznek központi teljesítményvizsgákat. A ménvizsgák jelentőségét a szelekciós eljárásban HUIZINGA és mtsai (1991) mutatták be. A vizsgát megelőző ménszemlét fontosabbnak tartják, mint a teljesítményvizsgát, mivel sok ló vesz részt a ménszemle első, egynapos szakaszában. Továbbá a szemle lényegesen hozzájárulhat a tenyésztési program hatékonyságához, mivel a ménszemlén értékelt jellemzők kedvező genetikai kapcsolatban vannak a tenyészcélban leírt jellemzőkkel. A ménszemle díjugrató jellemzői és a díjugrató versenyeken nyújtott teljesítmény közötti korrelációt 0,80-nál nagyobb értékűnek találták, vagyis alkalmas szelekciós célokra. A 2–3 éves lovaknak rendezett ménszemlén hét jellemzőt (lépés, ügetés, vágta, egyensúly, talajra érkezés, technika, erő) vizsgál egy háromtagú, állandó összetételű bizottság, így a bírálatból eredő torzulás csökken. A ménszemlén a jármódok becsült örökölhetőségi értéke 0,25 (vágta) és 0,5 (ügetés) között változik (DUCRO és mtsai, 2007a).

A Hollandiában alkalmazott melegvérű hátraslovak teljesítményének (díjugratás, díjlovaglás) becslési rendszerét HUIZINGA és Van der MEIJ (1989) mutatja be a legmagasabb szintű versenyek alapján, illetve KOERHUIS és Van der WERF (1994) a vizsgaeredmények alapján.

2.5.3. Svédország

Svédországban a tenyészértékbecslés a Hátsó Minősítő vizsgán, a Fiala Lovak vizsgáján és a versenyeredmények alapján. Ez a rendszer lehetővé teszi a tenyésztésre alkalmas kancák kiválasztását és a ménék korai ivadékvizsgálatának is hatékony eszköze. A svédek a versenyeredmények alapján is tenyésztésbe állíthatnak méneket, de nem ezt tekintik a tenyésztésbe kerülés alapvető útjának (OLSSON és mtsai, 2000).

A svéd melegvérűek genetikai értékelését felvállaló Ph.D. doktori értekezésben VIKLUND (2010) összevetette a fiatal lovak (hároméves kancák és ménék) vizsgaeredményeit a későbbi hátsóvizsgán (négyéves korban) elért eredményekkel. A különböző életkorban tett vizsgákon elbíralt jellemzők között szoros pozitív korrelációt talált. Éppen ezért a fiatalkori vizsga korai információforrás lehet a tenyészértékbecslés során. A sporteredmények értékelésekor a teljes karrier eredményét javasolja figyelembe venni a genetikai értékeléskor. Természetesen a több adat növelte a becsült tenyészértékek megbízhatóságát. A négyéveskori hátsó vizsga és a sportteljesítmény között szoros genetikai korrelációt talált. A díjugratás a hátsó vizsga ugróképességet

értékelő összetevőivel (ugróstílus, ugróképesség és az ugrókészség), míg a díjlovaglásban nyújtott teljesítmény a lépés és jármódkészséggel mutatott összefüggést. Ezek az eredmények jelzik, hogy a hátslós vizsga összetevőit figyelembe kell venni a genetikai értékelés folyamán, mivel szorosan összefüggnek a tenyészcélban meghatározott tulajdonságokkal, korai életkorban mérhetőek, és közepes–nagy örökölhetőségűek. Mivel a sportversenyekre már előszelektált állomány kerül, mindenképpen javasolható a fiatal lovak vizsgáinak figyelembevétele a tenyészérték–indexek számítása során. Kiemeli, hogy az állományban történt genetikai előrehaladás elsősorban a mének kiválasztásakor tapasztalható erős szelekciós nyomásnak köszönhető.

A svéd hátslós programok optimalizálásának igénye miatt különböző alternatív válogatási stratégiákat dolgozott ki PHILIPSSON (1990). A ménkiválasztási rendszerek 2 és 3 lépcsőben zajlanak aszerint, hogy a küllemi bírálat és a sajátteljesítmény vizsga eredményeinek figyelembe vételénél számolnak-e a jelentősebb versenyeredményekkel. A kancákat 1 és 2 lépcsős módszerrel válogatják, tehát a küllemi bírálat eredményeit, ha vannak, a kancavizsgák eredményeivel egészítik ki. Különösen eredményesnek véli a szelekciót STRÖM és PHILIPSSON (1978), ha a kancavizsgák eredményei alapján a ménnevelő kancákat is kiválogatják.

WALLIN és mtsai (2003) vizsgálataik alapján úgy vélik, hogy a Hátslós Minősítő vizsga eredményei alkalmasak mind a mének, és a kancák korai genetikai értékelésére és sportra való szelekciójára. Ugyanis a Hátslós Minősítő vizsgán értékelt tulajdonságok és a későbbi díjugrás szakági versenyteljesítmények között szoros genetikai korrelációt becsültek (0,83–0,93).

2.5.4. Franciaország és Belgium

Franciaországban és Belgiumban a tenyészértékbecslés a versenyeken alapul. A díjugratás a meghatározó versenyszám, ugyanis az elmúlt 20 évben a szelekció elsősorban a díjugrató sportlovakra folyt, és a versenytesztek sikerére alapozott (DUBOIS és RICARD, 2007). A szoros genetikai korreláció miatt (két egymást követő év eredményei közötti genetikai korreláció 0,9-nél nagyobb, 4 és 6 éves lovak eredményei közötti genetikai korreláció 0,76) a lovakat fiatal korban végzett teljesítményvizsga után tenyésztésbe lehet vonni, ami a generációs intervallum rövidülését eredményezi (THOREN–HELLSTEN és mtsai, 2006).

Franciaországban az éves nyereségösszeg alapján dolgozták ki a tenyésztérbecslési modellt. 1972 óta központilag gyűjtik a versenyteljesítmény adatokat. Az évenként számolt nyereségösszeg alapú teljesítmény index alkalmazásával rangsorolják a lovakat. Az itt használt BLUP tenyésztérbecslési módszer a normális eloszlás érdekében a lovak által nyert nyereségösszegek logaritmusával számol, de tenyésztési szempontból rengeteg hibával terhelt, mert sok ló jó eredménye ellenére nem ér el pénzdíjat – mutatott rá HASSENSTEIN (1998). Többen (RICARD, 1997; LANGLOIS és VRIJENHOEK, 2004) felhívták a figyelmet a nyereségösszegeken alapuló tenyésztérbecslési eljárás hátrányaira. A pénzdíj nagysága jelentősen függ az adott verseny státuszától is, ami jelentős torzító tényező.

Az eddig általánosan használt nyereségösszeg helyett azonban a helyezéseket kívánják az értékelés középpontjába állítani. A helyezéseket a sportversenyek nehézségével súlyozva (szorozva) növelnék a varianciát, és tennének különbséget a különböző nehézségi szinteken elért ugyanazon helyezések között. Az értékelés során a nemzetközi sporteredményeket is figyelembe kívánják venni (BLANC, 2010).

Mivel a pénzdíjak nagysága nincs feltétlen összefüggésben a verseny nehézségi fokával, ezért a versenyeken elért helyezésből számolt tenyésztérbecslés sokszor pontosabb képet adhat TAVERNIER (1990). A versenyen elért helyezéseket régóta használják sportlovak és ügató lovak genetikai értékelésben, mint fenotípust. LANGLOIS (1980) transzformált helyezéseket használt díjugrató lovak tenyésztérbecslésére. A helyezéseket a nyereségösszegek felhasználásával alkalmazta, így a helyezések átíródtak egy folyamatos skálára. TAVERNIER (1990,1991) olyan modellt alkalmaz, amely a helyezéseket úgy magyarázza, mint a lovak versenyteljesítményét megalapozó megfigyelhető eredményeket. A modell paraméterei bonyolultan számolhatók (numerikus integrálások szükségesek), így egyszerűbb modellek kidolgozására volt szükség. A helyezések különböző transzformációit alkalmazták tenyésztérbecslésre, úgymint a helyezések négyzetgyökét (JAITNER és REINHARDT, 2003), és normalizált helyezéseket a versenyeredmények értékelésére (FORAN és mtsai, 1995). Ezek a módszerek váltak Európában a sportlovak tenyésztérbecslésére leggyakrabban alkalmazott kritériumokká (RUHLMANN és mtsai, 2009b). RICARD és LEGARRA (2010) a helyezéseket különböző modellek összehasonlításával elemezték. JANSSENS és mtsai (1997) belga sportlovak versenyeken elért helyezéseik alapján becsülték a díjugratási és díjlovaglási teljesítményt úgy, hogy a versenyeken indult összes ló eredményét figyelembe vették, így nem csak a pénzdíjat nyert állatokat tudták

szerepeltetni számításaikban. A lovak sportversenyen elért helyezéseit a Blom–féle pontozás alkalmazásával alakították át normális eloszlású változóvá.

PEETERS és mtsai (2009) a díjlovaglásban nyújtott teljesítményre becsültek genetikai paramétereket, belga sportlovak összetett versenyszinteken nyújtott eredményeiből. Megállapították, hogy a javasolt szintekhez való alkalmazkodás megfelelő tenyésztérbecslést tesz lehetővé, a lovak különböző versenyszinteken elért eredményeire alapozva.

A sportversenyek (díjugratás, díjlovaglás és lovastusa) mellett a síkversenyek és az ígáslovak jármódjai és külleme alapján is közölnek tenyésztérbecsléseket Franciaországban. A közeljövőben tervezik a hosszú hasznos élettartam (longevity) beépítését is a tenyésztérbecslésbe. RICARD és BLOUIN (2009) az 1972–2008-as versenyeredményeket felhasználva számoltak tenyésztérbecslést díjugrató lovak hosszú hasznos élettartamára. Fontos fix hatásként szerepelt a versenyteljesítmény befolyása a hosszú hasznos élettartamra. Érdekes tényként tapasztalták, hogy egy bizonyos érték fölött (kb. 0,5 szórással az átlag fölött) a teljesítmény szinte nem volt hatással a selejtezésre. Másik érdekes eredményük, hogy egy ló minél fiatalabb korban kezdi a versenyzést, annál tovább fog versenyezni.

Franciaország új szempontokra tervez tenyésztérbecslést számítását, úgymint a hosszúságra az ugrásban, valamint a távlovaglás (arab és arab telivérrel keresztezett lovak esetében) és a sportpónik (díjugrató, díjlovagló és lovastusa) sportteljesítményére. Folyamatban lévő fejlesztések között szerepel új követelmények kidolgozása a sportversenyekre, új módszertan versenyszintek meghatározására, nemzetközi adatok közzététele francia lovakra (BLANC, 2010).

Belgiumban a tenyésztérbecslésre referenciapopulációt alkalmaznak, így a 7 és 18 éves kor közötti lovak átlagos tenyésztérbecsléséhez hasonlítják a populáció egyedeire becsült értékeket. A jövőbeli tervek között szerepel a külföldi tenyésztőszervezetek által becsült tenyésztérbecslések integrálása a belga értékelésbe, amely szerint át lehetne számítani a külföldön becsült tenyésztérbecsléseket a belga skálára. A tenyésztérbecslés során szeretnék figyelembe venni a nemzetközi sporteredményeket is, a holland francia és német társszervezetekkel már kapcsolatba is léptek ennek megvalósítására. A külföldön becsült tenyésztérbecslések átvételekor fontos lenne azokhoz megbízhatósági érték számítása. A jövőbeni tervek között szerepel továbbá az országok közötti genetikai korreláció meghatározása is (JANSSENS, 2010).

2.5.5. Egyesült Királyság

Nagy-Britanniában a díjlovaglás értékelésére ismételtetőségi egyedmodellt alkalmaznak. BROTHERSTONE (2010) számol be az aktuális vizsgálatokról. A lovastusában nyújtott teljesítmény értékelésekor négy nehézségi szintre osztották a sporteredményeket. A díjlovaglásban, díjugratásban és tereplovaglásban nyújtott teljesítményeket nehézségi szintenként külön veszik figyelembe, így összesen 12 értékmérőt vizsgálnak. Az elemzésben a hibapontokat vették alapul a genetikai paraméterek meghatározásához. Minden összetevőre kicsi örökölhetőségi értéket becsültek. Az alkalmazott egyedmodellben kiemelték a lovas figyelembe vételének nehézségét.

Az Egyesült Királyság elsődleges célként fogalmazta meg genetikai paraméterek becsülését díjlovaglásban és military szakágban elért teljesítményre, és tenyésztékek becsülését, hiszen amit az észak-európai országok a genetikai értékelés gyakorlatában alkalmaznak, az az Egyesült Királyságban hiányzik. STEWART és mtsai (2010) Nagy-Britanniában elsőként közöltek genetikai paramétereket és eredményeket lovak díjlovaglásban elért teljesítményeinek genetikai értékelésére. Tenyésztékeket egyedmodell segítségével becsültek.

A militaryban az ideális genetikai értékelést tekintve 12 jellemzőt értékelnek egyénileg, a súlyozás rugalmasan a célnak megfelelően változik. A tenyészték becsüléséhez 12x12-es kovariancia mátrix szükséges, amelynek előállítására két módszert vizsgáltak. Nevezetesen a strukturált és strukturálatlan módszert. Elvben a strukturálatlan jobb, jobban illeszkedik az adatokhoz, ezzel szemben a strukturált módszer kevesebb adatbevitt igényel, viszont alkalmazásához még további kutatásokra van szükség (BROTHERSTONE, 2010).

2.5.6. Írország

Írország egy új ír sportló tenyésztési politika megfogalmazását tűzte ki célul (BRADY, 2010). Azt vizsgálják, hogy milyen tényezők befolyásolják a vásárlói döntéseket. Érdekes tény, hogy az eladó és a vevő más-más szempontokat tart fontosnak. A vásárlási döntések nagyban függenek a ló jellemzőitől, emellett az eladhatóság is fontos tényező. Kiemelték, hogy a megjelenés és a vérmérséklet nagyban befolyásolja az eladhatóságot. Érdekesség, hogy a vérmérséklet nagyobb jelentőséggel bír a szabadidős

lovaknál, mint a teljesítménylovaknál. Az ár meghatározásakor lényeges lehet a tenyészmén és fajtája, a versenytapasztalat, a fiatalkori sportteljesítmény és a testvérek sportteljesítménye is. A szabadidőlovak és a teljesítménylovak esetében egyaránt fontos szempontok a fajta és a származás, a küllem, a mozgás, a hibátlanság és a trenírozhatóság. Ezeken túlmenően BRADY (2010) beszámol a ménszemle és a kancák vizsgálatának lépéseiről. A ménszemlén, legalább 3 éves ménnek esetén sor kerül pedigreelemzésre, a küllem értékelésére (lineáris pontozás rendszert használva), jármódok vizsgálatára felvezetővel, illetve szabadon, szabadon ugrás értékelésére, és végül egy teljes körű klinikai vizsgálatra (röntgent is beleértve). A 4 éves ménnek a lovas alatti jármódot és a lovas alatti ugrást is értékeli, kb. 6–8 darab 1,10 méter magasságú akadályt (ezek közül 1 összetett) kell átugorni. Ha sikerül teljesíteni a követelményeket a lónak, akkor „előzetesen jóváhagyott” bejegyzést kap egy bizonyos időszakra, de legfeljebb 10 évre. „Jóváhagyott” minősítést az a mén kaphat, amely az előzőekben leírt vizsgálatokban sikeresen megfelel, illetve a saját teljesítménye és az ivadékainak teljesítménye alapján csillagos osztályozásban részesül. Az osztályozás 1–től 5 csillagig terjedhet, amelyet a sikeresen teljesített akadály magassága alapján, vagy a lovastusában vagy díjlovaglásban egyenértékű szintek alapján határoznak meg.

2.5.7. Nemzetközi genetikai értékelés, Dánia, Finnország és Norvégia

Dániában a tenyészértékbecslés a teljesítményvizsga eredményein alapul. Tenyészértékeket a legalább 15 tesztelt ivadékkal rendelkező ménekre közölnek, ha a tenyészérték legalább 0,6 megbízhatósági értéket mutat. Továbbá azoknak a kancáknak ismertetik a tenyészértékét, amelyeket teszteltek teljesítményvizsgán vagy nyeregosztályozásban, illetve legalább öt versenyeredménnyel rendelkeznek. Az indexeket minden jellemzőre 100–as átlaggal és 20–as szórással mutatják be (FURRE, 2010).

Dánia, Finnország és Norvégia tenyészcéljában díjugratásra és díjlovaglásra alkalmas lovak tenyésztése fogalmazódik meg. Dániában 2004 óta inkább a díjlovaglásra (70%) specializálódott a tenyésztés, Norvégiában a díjugratásra (FURRE, 2010), Finnországban pedig a díjlovaglás és díjugratás mellett a tereplovaglás is szerepel a tenyészcélban (MÄENPÄÄ, 2010).

A dán és svéd melegvérű populációk közötti genetikai kapcsoltságot többek között THOREN–HELLSTEN és mtsai (2008) vizsgálták. Megállapították, hogy a két

populáció közötti egyesített genetikai értékelés megvalósítható. 2009-ben pedig arra az eredményre jutottak, hogy a fiatal lovak versenyén tesztelt fenotípusosan hasonló jellemzők közötti genetikai korreláció nagyon szoros, 0,88–0,99 a dán és svéd melegvérű populációk esetében (THOREN–HELLSTEN és mtsai, 2009).

Egy 2010-ben indult együttműködés, a Skandináv Interstallion Projekt célkitűzése a dán, finn, norvég és svéd sportlovak egyesített genetikai értékelésének és a mének egyesített tenyésztékének meghatározása (VANGEN, 2010). Az értékelés a skandináv országokban gyakran használt, egyébként külföldi tenyésztőszervezetekhez tartozó ménekre is vonatkozik. A négy ország állománymérete jelentősen eltér, Svédország és Dánia populációi nagyságrendileg nagyobbak a norvég és a finn állományoktól. Jól lehet, Norvégiában kevés lovat tudnak tesztelni évente (kb. 100), azonban az egyesített genetikai értékelés szempontjából előnyös lehet, hogy a norvég melegvérű lóállomány alakulásához más populációk nagymértékben (95%) hozzájárulnak (FURRE, 2010).

Svédország és Dánia tenyésztékbecslési rendszere alig különbözik egymástól, ezzel szemben Finnország és Norvégia módszere alig hasonlít. A nemzetközi tenyészték meghatározására azonban mégis van lehetőség (THOREN–HELLSTEN és mtsai, 2008; RUHLMANN és mtsai, 2009a) a vizsgált jellemzők közötti genetikai korreláció, illetve a fennálló genetikai kapcsoltság miatt. A jövőben a genetikai kapcsoltság növekedését várják a genetikai anyag nagymértékű cseréje miatt (RUHLMANN és mtsai, 2009a).

A projekt célja a populációk közötti genetikai kapcsoltság felmérésére után a fiatal lovak vizsgaeredményeiből és sporteredményeiből egyesített adatbázis létrehozása, majd különböző modellek tesztelése, végül az adatelemzések után az eredmények tudományos közlése és bevezetése a tenyésztésben (VANGEN, 2010).

2.5.8. Izland

Az elmúlt években több ország tűzte ki célul a nemzetközi genetikai értékelés megvalósítását. A nemzetközi genetikai értékelés lehetővé tenné az országok tenyészegyedek szerinti összehasonlítását. 2000-ben a FEIF és a FAIC megegyezése alapján létrehozták az izlandi lovak egy online globális adatbázisát „WorldFengur” néven. A program további érdekessége, hogy lehetőség nyílik az adatbázisban szereplő lovak virtuális párosítására, és a születendő ivadékról több információt is valószínűsíthetünk, úgymint a becsült tenyésztékét, a beltenyésztési együtthatóját, a lehetséges genotípusát, illetve a színét (ÅRNASON, 2007).

1995 és 2001 között az izlandi, dán és svéd adatokat összevetve számításokat végeztek közös genetikai értékelésre, az eredményeket publikálták is. A kutatásokat azonban nem tudták folytatni az adatok diszharmóniája, illetve az egyedi azonosítószámok bizonytalansága miatt, különösen a svéd adatokat illetően. 2003-ban Ágúst Sigurdssont és Thorvaldur Árnasont bízták meg a WorldFengur-ben szereplő izlandi lovak nemzetközi genetikai értékelésére. A projekt Izland és 10 FEIF tagország származási és pontozási adatait átfogó statisztikai elemzéseket foglalt magában. Az eredményeket BRUNS és mtsai (2004) közzölték. A főbb eredmények az adatokban származási teljességet és az országok közötti megfelelő genetikai kapcsoltságot mutatnak.

ALBERTSDOTTÍR (2007) értekezésében az izlandi lovak genetikai értékelését vizsgálta versenyjellemzők bevonásával. Eredményeiből arra következtet, hogy a versenyjellemzők megfelelőek a genetikai szelekcióra, továbbá a lovagolhatósággal szoros genetikai korrelációban állnak, üzemi vizsgák eredményeit felhasználva. A verseny adatok genetikai paramétereinek becslésében a szelekciós torzítás csökken, ha az erőteljes korrelációban álló versenyjellemzőket egyidejűleg vizsgáljuk az üzemi vizsgán mért jellemzőkkel. A versenyjellemzők bevonása a genetikai értékelésbe előnyös lenne az izlandi lovak esetében, ugyanis ezek a jellemzők információt adnak a tenyészcélra vonatkozóan.

2.5.9. Magyarország

Hazánkban a tenyészértékbecslési rendszer kidolgozására az 1980-as években tett kísérletet HECKER (1980), aki a méneket ivadékaik alapján rangsorolta. E módszer előnye, hogy figyelembe veszi a különböző akadálymagasságokat, azonban nem veszi figyelembe az indulók létszámát, emellett a különböző nehézségű versenyeket is különféleképpen kellene elbírálni. A következő módszert az a mérőszám-rendszer jelentette, amely a legkönnyebb, 110 cm-es területi versenyek hibátlan köre esetén 10 pontot ad a lónak, míg a 160 cm-es nemzetközi verseny esetén 260 pontot, a hibapont ezekből levonásra kerül. A 130 cm-es pályán 2 verőhiba megengedett, több hiba esetén a ló nem kap pontot. Ez a rendszer ivadékteljesítmény esetén a tenyészmének rangsor-elkészítésére alkalmas (BODÓ, 1997). Az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet (OMMI) a méneket ivadékaik díjugrató tenyészversenyen elért teljesítménye alapján rangsorolja (NÉMETH, 1993).

Magyarországon, következetesen 1996 óta rögzítik a lovasversenyeken szereplő lovak adatait, eredményeit. Ezen adatok, ill. az OMMI által regisztrált saját teljesítmény vizsgák (STV-k), származások együttes feldolgozása lehetővé tenné egy olyan integrált tenyésztérbecslési eljárás kidolgozását, mely segítséget nyújtana a fedezőmének és tenyészkanccák értékeléséhez.

Magyarországon az OMMI kezdeményezésére, NÉMETH (1993) által elkészült egy olyan mérőszám módszer, amely a legkisebb követelményű ugróversenyektől a legnehezebb 160 cm-es nemzetközi viadalokig a teljesítményeket egy megadott értékelő rendszer szerint pontozza.

A sportversenyek eredményeinek értékelése annak több összetevője miatt nehezen kivitelezhető. A versenyteljesítmény és a versenyző képesség örökölhetőségéről BODÓ (1976, 1977) tett közzé számításokat. A versenyzőképességet a jól, vagy közepesen jól öröklődő tulajdonságok közé sorolják (örökölhetőségi értéke 0,3–0,4), azonban ez csak az ivadékok átlagos potenciálját jelzi és nem a képesség alsó–felső határára ad garanciát (MIHÓK, 2005). BOKOR és mtsai (2006) a hazai angol telivér állományra határozták meg a nyereségyösszeg és a versenyen elért helyezések örökölhetőségi értékeit.

A hazai sportló–állomány tenyésztérbecslése számos ok miatt késett, de az elmúlt években a Sportlótenyésztők Országos Egyesülete és a Debreceni Egyetem Állattenyésztéstudományi Intézete közötti együttműködés keretében elkezdődött a magyar sportló kancavizsgákon értékelt jellemzők genetikai paramétereinek meghatározása és a genetikai előrehaladás vizsgálata egyedmodell alkalmazásával (POSTA és mtsai, 2007a).

A Debreceni Egyetem Állattenyésztéstudományi Intézete szorosan együttműködve a Magyar Sportlótenyésztők Országos Egyesületével (MSLT) többéves kutatómunkát végzett tenyésztérbecslési kutatások területén és kifejlesztettek egy, az MSLT kaposvári kanca központi sajátteljesítmény vizsgákon alapuló rendszert, amelynek közreadásával a hazai sportlótenyésztők munkáját kívánták segíteni (MIHÓK és mtsai, 2010). A tenyésztérbecslés az állat sajátteljesítményén és versenyeredményén alapult. Az alacsony ivadékszám következménye a tenyésztérbecslés kellő megbízhatóságának a hiánya, továbbá a lassú genetikai előrehaladás (POSTA és mtsai, 2007a).

A magyar sportló fajta díjugratási eredményeit több mérőszám megalkotásával, ismételhetségi egyedmodell felhasználásával elemezték MIHÓK és mtsai (2009). POSTA (2008) és POSTA és mtsai (2009) összehasonlították a magyar sportlovak díjugratásban elért eredményeire alkalmazható (adat)transzformációs módszereket,

modelleket. A teljesítmény mérésére a helyezések négyzetgyökét, harmadik és negyedik gyökét alkalmazták, a helyezések normalizálását pedig Blom módszerrel és kotangens függvénnyel valósították meg. Az előző öt mérőszámot egy további mérőszámmal is kiegészítették, az akadálymagasság és a hibapont különbségével képzett számmal is értékelve a teljesítményt. Megállapították, hogy a mérőszámok közül a legkedvezőbb a Blom módszerrel normalizált helyezések, ugyanis ennek a mérőszámnak az eloszlása közelíti leginkább a normális eloszlást.

Végül megemlítjük, hogy PETROVICS és mtsai (2005) a már meglévő német – esetleg francia, ír – tenyészértékbecslési eljárások adaptálását javasolja, egyidejűleg a módszer finomítását, a becslés pontosságának növelését. Mindez csak egységes egyedi megjelölési rendszer használatával, állandó adatfelvétel és feldolgozással valósítható meg. Ehhez szükséges a problémamentes információáramlás a különböző lovas szervezetek, tenyésztőegyesületek között.

2.6. Adatok, adatbázis előkészítése elemzéshez

A gondos adatelőkészítésre és kísérlettervezésre többek között SVÁB (1981) is felhívja a figyelmet. Megállapítása szerint hiába a legjobb terv, a tökéletes elrendezés, a statisztikai értékelés, ha hibás a megfigyelés, vagy hibásan vettük a mintát. A mérés egyik kulcsfontosságú tényezője a mintaként szolgáló adatok minősége és megbízhatósága. Az adatok minősége biztosítja, hogy a modellezés alapjául csak helyes adatok szolgálhassanak. GROENEVELD (1983) is kifejezi aggodalmát a genetikai elemzések nehézsége miatt, mert az adatgyűjtés többnyire helyileg, ám időben és szervezetenként is koordinálatlanul történik. Ahhoz, hogy a nagy költséggel nyert adathalmazt optimálisan használni lehessen, az időegység alatt elérhető szelekciós előrehaladáshoz szükséges adott populáció valamennyi adatának összesített tárolása egy adatbankban, az adatok elsődleges, manuális kezelésénél számítógépes feldolgozással kompatibilis adatgyűjtés, illetve flexibilis szoftver alkalmazása a jövőbeni módosításokhoz.

GREENHALGH (2001) és AMANN (2005) közleményeikben a nem gondosan előkészített kísérlettervezés okozta hibákra, hiányosságokra hívják fel a figyelmet, amelyek helytelen eredményhez vezetnek. A kutatási eredményekből levonható következtetéseket befolyásoló számos torzító hatásról KASTELIC (2006) nyújt áttekintést. A genetikai értékelések megbízhatósága nagyban függ a nyers adatok (az

értékelés alapjául szolgáló adatok) minőségétől, az adatok szerkesztésének módjától (a későbbi használhatóság miatt a megfelelő formátumúvá alakítástól), a megfelelő modell és szoftver választásától és a futtatások, folyamatok utáni lépésektől (LECLERC és mtsai 2008).

STEWART és mtsai (2010) a tenyésztérbecsléshez szükséges adatok előkészítése során hasonló problémákról számol be, a lovak egyértelmű azonosításának nehézségéről, hibás adatok manuális javításáról. Többek között a kézzel történő javítás is az oka annak, hogy az elemzések 60%–át az adatok előkészítése teszi ki (KÖNYVES–TÓTH, 2012). A pontos tenyésztői döntések meghozatalának a kulcsa a minőségi információ megléte (BAILEY és BROOKS, 2013).

Egy adatbázis elemzésekhez való előkészítésekor mindenképpen javasoltnak tartom az alábbi lépések elvégzését – mint egy adattisztítási és ellenőrzési protokollt – a minőségi adatok garantálásának céljából.

- (1) Vizsgáljuk meg, hogy vannak e hiányos adatok az adatbázisunkban. Amennyiben vannak, győződjünk meg arról, hogy a hiányos információk pótolhatóak e. Amennyiben megbízható forrásból pótolhatóak, úgy egészítsük ki azokat az adatbázisunkban, ha nem pótolhatóak, akkor töröljük a hiányos információval bíró adatokat.
- (2) Győződjünk meg arról, hogy az adatbázis nem tartalmaz valótlan, hibás adatot.
- (3) Duplikált adatokat (amikor ugyanaz az adat többször van rögzítve) szűrjük ki az adatbázisból, majd a felesleges rekordokat töröljük.
- (4) Legyen egyértelműen megkülönböztethető ugyanaz az egyed a többi egyedtől, ugyanaz a hatás a többi hatástól, egy hatás adott kategóriája/szintje a többi kategóriától/szinttől. Ez a legáttnthetőbben úgy valósulhat meg, hogy minden egyed, és minden hatás kategóriáját/szintjét (például ivaron belül 3 szint mén, kanca, herélt) egyedi azonosítóval látunk el. Ez az azonosító lehet szám (tehát numerikus érték, például 1,2,3) vagy textuális változó, az utóbbinál azonban gondosan oda kell figyelni, hogy elkerüljük az elgépelésekből eredő hibákat. A numerikus értékek mellett szól az az érv is, hogy könnyebben kezelhetőek, szűrhetőek, leválogathatóak, ezáltal egyszerűbb az ellenőrzés is.
- (5) Dokumentálás a későbbi nyomonkövethetőség érdekében.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az adatok elemzéshez való előkészítése, kódolása, feldolgozása, majd elemzése napjainkban már külön szakmai terület. A megfelelő programokkal lényegesen rövidíthető az előkészítés. Ezeket a munkafolyamatokat összefoglaló néven data processingnek (DP) nevezik, mely folyamatok elvégzését különböző számítógépes szoftverekkel hajtják végre. A statisztikai modellezés mellett legalább akkora munka a pontos, konzisztens adatbázis felépítése. Pontosság alatt azt értem, hogy az adatbázis ne tartalmazzon valótlan adatot, ami torzítaná a végeredmények bemutatását. A konzisztencia a korrekt származási adatok miatt elengedhetetlen. Az említett munkafolyamatokat az elvégzés sorrendjében mutatom be.

Az elemzések előkészítéséhez szükséges volt:

(1) A díjugrató szakágban versenyző lovakhoz tenyésztési azonosító rendelése

(Az egyértelmű azonosításon túl a származás ismerete miatt volt fontos.

A helyes azonosítóból a ló születési éve, ezáltal életkora ismert.)

(2) Ivar ismerete

(3) Lovasok egyértelmű azonosítása

(4) Verseny idejének, helyszínének ismerete

(5) Versenyek nehézségi szintjeinek megállapítása, összehasonlítása

(6) Versenyen indulók száma, elért helyezés pontos ismerete

(7) Lovak őseinek egyértelmű azonosítása

3.1. Az adatbázis előkészítése, a származás pontos ismerete

A vizsgálatok alapjául szolgáló adatok a Magyar Lovassport Szövetség Díjugrató Szakágától származnak, melyeket elektronikus formában (Microsoft Office Excel fájlok) bocsátottak rendelkezésemre. Az adatok az 1996 és 2011 közötti díjugratás szakági versenyek sporteredményét tartalmazták. A versenyszámok között Magyarországon rendezett versenyek eredményei, illetve magyar lovasok külföldi eredményei is szerepeltek.

A több ezer Excel fájl összefűzése után létrejött nagy adatbázist, tekintve az Excel korlátozott kapacitását, átkonvertáltam Microsoft Office Access 2000 formátumúvá. Ezt

indokolta az adatok könnyebb kezelhetősége is. Így a továbbiakban az adatok elemzéshez való előkészítése, szűrése, kódolása a Microsoft Office Access 2000 szoftverrel, és az ebben alkalmazott SQL nyelven írt programokkal történt. Fontos megjegyezni, hogy a mintagyűjtés, mint munkafolyamat bár adott volt, ennek ellenére az adatok elemzéshez való előkészítése két évet vett igénybe.

Magyarországon 1996 óta rögzítik a lovas szakági versenyeken szereplő lovak adatait, eredményeit. A verseny eredményeinek rögzítése eleinte papír alapon történt, amelyet később alakítottak át elektronikus formátumúvá számítógép segítségével. Az adatok felhalmozódásával, a figyelmetlenségből vagy ismerethiányból eredő téves vagy hiányosan rögzített adatok előfordulása nőtt, amelyet manuálisan kellett javítanom utólag az adatokban.

A rögzített adatok között megtalálható volt a ló neve, azonosítója (sportló azonosító és/vagy tenyésztési adatbázisban használt azonosító), ivara, lovasának neve, a verseny időpontja, versenyszám megnevezése, kapott hibapont, teljesített idő és az elért helyezés. Téves adatok – a helyezés, idő és hibapont kivételével – az összes többi részadatnál előfordultak. A ló nevéből eltekintve, az összes adat típusnál tapasztalható volt hiányosság, melyeket pótolni kellett. A teljesített idő és a szerzett hibapontok ritkán voltak rögzítve.

Az adatok előkészítése során a legnagyobb problémát a lovak egyértelmű azonosítása okozta, a hiányzó, vagy nem létező (hibás) azonosítók miatt. Több esetben előfordult ugyanannál a lónál több ivar feltüntetése (a mén és herélt együttes előfordulása indokolható). A lovasok esetében a különféle névelírások és névváltozások, a többféle igazolványszám feltüntetése szintén nehezítette az egyértelmű azonosítást.

A verseny eredménnyel rendelkező lovak őseinek pontos ismerete kiemelkedő fontosságú, hiszen a származásból eredő információk, az állományok közötti genetikai kapcsoltság figyelembe vétele csak így lehetséges. Továbbá a hibás származás az egyed tenyészértéke mellett, annak oldalági rokonainak tenyészértékét is torzíthatja.

Megjegyezzük, hogy a pedigré teljességének akkor van értelme, ha az ősöknek és az oldalági rokonoknak van ismert teljesítménye, hiszen a minél több ős ismerete a teljesítményével együtt növeli a becsült tenyészérték megbízhatóságát. Minden egyes teljesítmény egy–egy egyenletként (információként) van jelen az értékelésben, vagyis minél több teljesítmény van az egyedről és rokonokról, annál több egyenletünk van. A szoftver az egyenleteket oldja meg, a több információ pedig nagyobb megbízhatóságot eredményez.

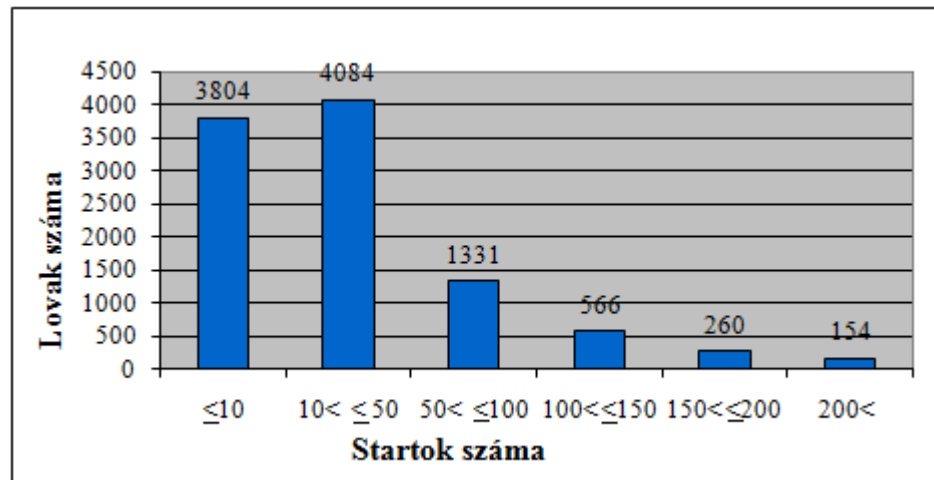
A származást elektronikus formában a későbbi alkalmazhatóság érdekében úgy építettük fel, hogy egy sor egy ló őseit tartalmazta 1 generációra visszamenően (apa, anya). A felépített pedigré fájl összesen négy generációra visszamenően tartalmazott információt – ahol lehetőségünk volt rá az elérhető adatok függvényében –, így egy sporteredményrel rendelkező lóhoz legfeljebb 7 sor tartozhatott. A származási adatok összegyűjtésében az Országos Lótenyésztési Információs Rendszer (OLIR) nyújtott segítséget elektronikus formában. Azok a sportlovak, amelyek nem voltak rögzítve az országos nyilvántartási rendszerben, azok őseit sportlő-nyilvántartásokból tudtuk azonosítani. A sportlő-nyilvántartások 1996–2006 között papír alapúak voltak, 2007-től pedig elektronikus formában voltak elérhetők. Az országba csak sportolási szándékból érkezett, csak regisztrált lovak származási adatait a Magyar Lótenyésztők Országos Szövetségétől megkértük, és a kutatási adatbázisunkba beépítettük. A sportlő-nyilvántartásokban és a származási lapokon azonban csak az ősök neve szerepelt, a nevekhez egyértelmű azonosítót az OLIR-ből rendelhattunk. Az ősök között gyakran előfordult, hogy ugyanaz az ős többféle azonosítóval került rögzítésre. Ez nehezítette a munkát, továbbá jelentős torzítást eredményezett volna az értékelésben.

A felépített pedigrét a PedigreeViewer programmal vizsgáltam meg, hogy van-e kör (egyed tévesen szerepel a felmenői között), vagy bármilyen nyilvánvaló hiba a származásban. Egy esetben fordult elő, hogy az egyed önmagának volt a nagypapja, és egy esetben, hogy az egyed önmagának volt az anyja. Mivel ezeket az adatokat az OLIR adatbázisából nyertem, ezért az előző esetet leszűkítettem az első generációig, a második esetben pedig töröltem a vizsgálatból az adott lovat a hiányos származás miatt. Továbbá jó néhány esetben előfordult, hogy a ló származása ismeretlenként volt rögzítve.

Az elemzéshez felhasznált pedigrében négy generációra visszamenően végül 40142 ló szerepelt.

Az adatbázis közel 9 százaléka (37000 start) volt hibával vagy hiányosságokkal terhelt. Összesen sikerült javítanom és pótolnom 350 ló azonosítóját, 118 ló ivarát, 1310 lovas nevét, továbbá hiányzó helyszíneket, versenyszám típusokat és azok akadálymagasságait. A nem megfelelően rögzített adatok korrigálása után a pótolhatatlan adatok a teljes adatbázisnak mindösszesen 1%-át tették ki, melyeket töröltem. Így nem vettem figyelembe azokat a startokat, amikor a ló azonosítója hiányzott vagy ismeretlen volt a származása. Az adatbázisban végül 10199 ló 358342 startjának eredménye állt rendelkezésemre, mely a további vizsgálatok alapját képezte.

A versenyző lovak startszámainak eloszlását az 1. ábrán prezentálom. Ugyanazon ló különböző startjait ismételt megfigyelésnek tekintem a vizsgálatban. Ahány starttal szerepel egy ló az adatbázisban, annyi megfigyelésünk van az adott egyedről.



1. ábra: Az 1996–2011 között díjugrató szakágban versenyző lovak startjainak száma

3.2. A teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámok

A díjugratási teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámokban az elért helyezéseket, a versenyen indulók számát és a verseny nehézségi szintjét vettem alapul. Nyeremény nem állt rendelkezésemre, azonban a szakirodalmak alapján, a nyereményen alapuló mérőszám szisztematikus hibával terhelt, azon túl pedig szoros korrelációban áll a helyezésemre alapulóval. A kapott hibapontokról és a teljesített időről nem volt minden esetben információ.

Elemzéseimben egyrészt vizsgáltam a verseny nehézségi szintjét, mint a teljesítményre ható fix hatást a modellbe építve. Másrészt az egyes nehézségi szintekkel súlyoztam a teljesítményt értékelő pontszámokat, így ezek a mérőszámok szélesebb skálán mozogtak, mint a nem súlyozott mérőszámok esetében. A magasabb versenyszinteken szereplő ló teljesítményét így nagyobb pontszámmal vettem figyelembe, az adatok szórása nőtt.

A mérőszámokra MRODE (1996) által javasolt ismételhetségi egyedmodellt illesztettem. A tényészértékbecslést megelőzően, az egyed teljesítményét befolyásoló környezeti hatások szignifikanciájának vizsgálatára szükséges egy megfelelően összetett

statisztikai programcsomag alkalmazása, amelyre a SAS (SAS/STAT, 2003) szoftvert választottam. Az egyedmodellben figyelembe vett fix és véletlen hatások szignifikancia vizsgálatát a SAS PROC GLM eljárással végeztem el. A szignifikancia vizsgálat eredményeképp megállapítható, hogy az egyes hatások valóban befolyásolják e a mért teljesítményt. A modellek illeszkedésének jóságát összehasonlítottam egyrészt a determinációs együttható (R^2 érték) alapján, másrészt a PEST (GROENEVELD és mtsai, 1990) szoftver PREDICT opciója által becsült RMSE értékek alapján. Megjegyzem, hogy az utóbbi eljárás optimálisabb, mivel az egyed hatást is figyelembe veszi.

A nehézségi kategóriával nem súlyozott mérőszámokra az

$$Y_{ijklmno} = \mu + \text{Életkor}_i + \text{Ivar}_j + \text{Versenyév}_k + \text{Versenyhely}_l + \text{Nehézségi kategória}_m + \text{Lovas}_n + \text{Perm}_o + \text{Egyed}_o + e_{ijklmno},$$

a nehézségi kategóriával súlyozott mérőszámokra az

$$Y_{ijklno} = \mu + \text{Életkor}_i + \text{Ivar}_j + \text{Versenyév}_k + \text{Versenyhely}_l + \text{Lovas}_n + \text{Perm}_o + \text{Egyed}_o + e_{ijklno}$$

ismételhetőségi egyedmodellt alkalmaztam, ahol

$Y_{ijklmno}, Y_{ijklno}$ = a ló eredményét értékelő pontszám

μ = a populációátlag

Életkor_i = az életkor fix hatása,

Ivar_j = az ivar fix hatása

Versenyév_k = a verseny évének fix hatása

Versenyhely_l = a verseny helyszínének fix hatása

$\text{Nehézségi kategória}_m$ = a verseny nehézségi szintjének fix hatása

Lovas_n = a lovas véletlen hatása

Perm_o = az állandó környezeti hatás

Egyed_o = a ló véletlen hatása

$e_{ijklmno}, e_{ijklno}$ = a véletlen hiba értéke.

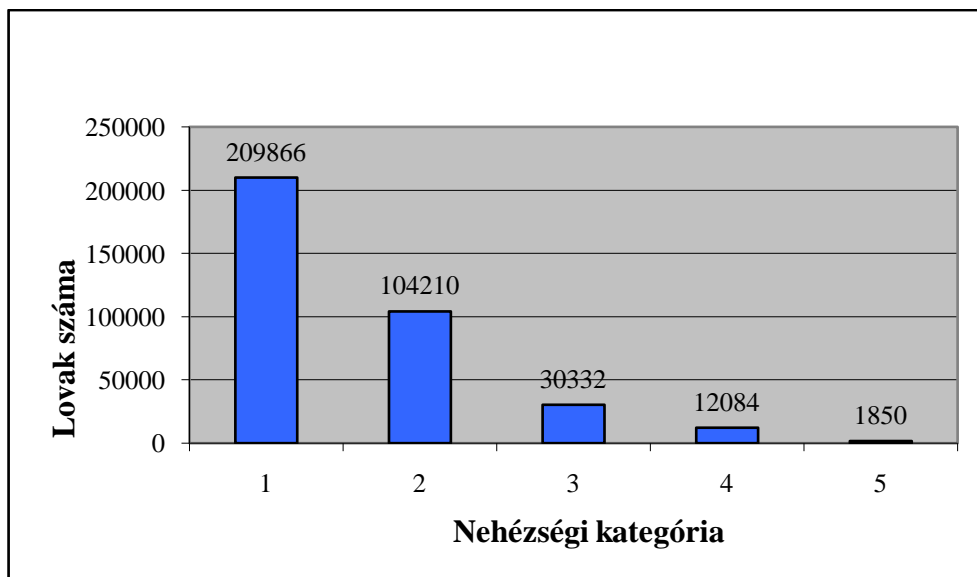
A versenyek nehézségi szintjének megállapítása a versenyszámok megnevezései alapján volt lehetséges. A közel 80 típusú versenyszámot a sokféle rögzítésnek köszönhetően

több mint 20000 különböző típusnak érzékelt a számítógép a leválogatás során. A versenyeket nehézségi szintjük szerint öt kategóriába soroltuk szakértők segítségével (2. táblázat). Figyelembe véve a versenyszám típusát és az akadályok magasságát, a kategóriákat országosan elismert pályaépítő; az utóbbi négy évtized egyik meghatározó lovas szakedzője és a díjugrató sportban legeredményesebb lovas szakosztály vezetője; valamint jelenleg aktív, fiatal lovasaikat válogatottságig juttató edzők határozták meg. A pontszámokat súlyoztam a verseny nehézségi szintjével, így egy nagyobb intervallumon mozgó mérőszámot kaptam, amellyel jobban érzékeltethető a versenyszintek közötti különbség.

2. táblázat: A versenyszámok nehézségi kategóriába sorolása

Versenyszám típusa	Nehézségi kategória
C0, C1, C2, B0, B1, B2, F1, F2, 4 éves lovak bajnoksága, 4–5 éves lovak minősítő versenye, 5–6 éves lovak minősítő versenye (országos fedettpályás), 5 éves lovak tenyészversenye (elő–, középdöntő), Aranyos kupa, Koroszt. Champ. Póni/Gyermek/Serdülő B, Ált. Isk. OB, Show versenyszámok 100–115 cm	1
C3, C4, B3, B4, A1, F3, F4, 5 éves lovak tenyészversenye döntő, 6 éves lovak tenyészversenye, 7 éves lovak minősítő versenye (országos fedettpályás), Díjugrató TB könnyű és közép kategória, Koroszt. Champ Serdülő A/Utánpótlás, Középfokú Tanint. OB., Felsőfokú Tanint. OB., Amatőr OB., Kanca I., Mén I., Show versenyszámok 120–125 cm, CSI 120 cm	2
C5, C6, B5, A2*, A2**, F5, F6, Év legjobb utánpótlás lova cím (7 éves), 6–7 éves lovak VB., 7 éves lovak tenyészversenye döntő, Kanca II., Mén II., Díjugrató TB. nehéz kategória, Ifjúsági OB., Fialat lovas OB (elő–,középdöntő), Show versenyszámok 130–135 cm, CSI 130–135 cm	3
A3*, A3**, Év legjobb utánpótlás lova cím(8 éves), Mesterek Tornája Nagydíj, 8 éves és idősebb mén és kanca döntő, Samsung kupa, Fialat lovas OB döntő, Felnőtt OB. (elő–, középdöntő), Bábolna Nagydíj, Ifjúsági EB., Nemzetközi Kanca– és Mén verseny Kanca II., Mén II., Lajta–Kaiser Kupa Nagydíj, Széchenyi Emlékverseny Nagydíj, CSI–W 140 cm, CSI 140–145 cm	4
A3***, A4, Felnőtt OB. Döntő, CSI–W 150 cm, CSI–W Nagydíj, CSIO 150–160 cm, CSIO–W Nemzetek Díja, Díjugrató Világkupa Volvo Nagydíj, CSI 150–160 cm	5

A 2. ábrán szemléltetem az 5 kategóriába sorolt, különböző akadálymagasságú versenyeken szereplő lovak eloszlását. Látható, hogy a sportlovak kipróbálása magasabb versenyszinteken elmarad vagy esetleges. A sportlovak nehezebb versenyszinteken való kipróbálása is szükséges lenne a későbbi életkorban, hogy a lovak megmutathassák genetikai képességüket.



2. ábra: Az 1996–2011 között versenyző lovak startjainak eloszlása a versenyek akadálymagasság szerint

A helyezéseket transzformáló mérőszámokat általánosított formában a 3. táblázatban foglaltam össze. A négyzetgyök és a logaritmus függvény szigorú monotonitása miatt a transzformált helyezés értékét egy „c” konstans számból vontam ki, amelyet BUGISLAUS és mtsai (2005) javaslata alapján úgy választottam meg, hogy a különbségek eredménye ne legyen negatív. Ezáltal egy ló minél jobb helyezést ér el, annál több pontot kap.

3. táblázat: A helyezéseken alapuló mérőszámok képzése különböző transzformációkkal

Négyzetgyök	Logaritmus	Inverz normális
$c - \sqrt{\text{helyezés}}$	$c - \log_a(\text{helyezés})$	$Y_j^i = \theta^{-1} \left(\frac{r_i - c}{N - 2c + 1} \right)$
$(c - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}$	$(c - \log_a(\text{helyezés})) * \text{kategória}$	$Y_j^i = \theta^{-1} \left(\frac{r_i - c}{N - 2c + 1} \right) * \text{kategória}$
$(c - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}^2$	$(c - \log_a(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$	$Y_j^i = \theta^{-1} \left(\frac{r_i - c}{N - 2c + 1} \right) * \text{kategória}^2$

Az inverz normális transzformáció esetén az

Y_j^i = a teljesítményt értékelő pontszám (az i. versenyen szereplő j. ló pontszáma)

r_i = az i. versenyen elért helyezés

N = a megfigyelések száma (adott versenyen indult lovak száma)

k = fix konstans érték

$\theta^{-1}(x)$ = a standard normális eloszlás inverzfüggvénye.

A 4. táblázatban transzformáció típus szerint csoportosítottam néhány olyan – a szakirodalomban fellelhető – dobogós helyezésen és startok számán alapuló teljesítmény mérőszámot, amelyeket szintén bevontam a vizsgálatba.

4. táblázat: A dobogós helyezéseken és a startok számán alapuló mérőszámok képzése transzformációkkal

Négyzetgyök, harmadik gyök transzformáció	Logaritmus transzformáció	Egyéb transzformáció
$\sqrt{\text{dobogós helyezések aránya}}$	$\lg(\text{dobogós helyezések száma} + 1)$	dobogós helyezések száma évenként
$\sqrt{\text{dobogós helyezések száma}}$	$\ln\left(\frac{X + 0,5}{100,5 - X}\right)$ X=dobogós helyezések aránya*100	$\left(\frac{\text{dobogós helyezések száma}}{\text{startok száma}}\right)^{0,8}$
$\sqrt[3]{\text{dobogós helyezések száma}}$	$\lg(\text{startok száma})$	$\left(\frac{\text{dobogós helyezések száma}}{\text{startok száma}} * 100\right)^{0,8}$
$\sqrt[3]{\text{dobogós helyezések száma}/\text{év}}$		

3.3. Genetikai paraméterek becslése

A teljesítmény értékelésekor additív genetikai varianciát, állandó környezeti varianciát, lovas varianciáját és hibavarianciát becsültem. Ezeket a kovariancia komponenseket REML módszerrel számoltam, a VCE-6 szoftver alkalmazásával (GROENEVELD és mtsai, 2010). A becslésekhez a 3.2 alfejezetben ismertetett lineáris vegyes modellt alkalmaztam. A becsült kovariancia komponensekből az alábbi genetikai paramétereket becsültem:

A teljesítmény örökölhetősége (h^2 érték):

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2}$$

ahol σ_a^2 az additív genetikai variancia, σ_{pe}^2 az állandó környezeti hatás varianciája, és σ_e^2 a hibavariancia.

A teljesítmény ismételhetőségi értéke:

$$R = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2}$$

ahol σ_a^2 az additív genetikai variancia, σ_{pe}^2 az állandó környezeti hatás varianciája, és σ_e^2 a hibavariancia.

3.4. Különböző nehézségi szinteken nyújtott teljesítmény értékelése

Az eltérő nehézségű versenyszinteken nyújtott teljesítményt különböző tulajdonságként vizsgálva felmerül annak a lehetősége, hogy meghatározzuk az egyes tulajdonságok közötti korrelációkat.

A becsült kovariancia komponensekből az alábbi genetikai paramétereket határoztam meg:

Két tulajdonság közötti fenotípusos korreláció

$$corr_{Pij} = \frac{\sigma_{PiPj}}{\sqrt{\sigma_{Pi}^2 * \sigma_{Pj}^2}}$$

ahol σ_{PiPj} a két tulajdonság közötti fenotípusos kovariancia, σ_{Pi}^2 az i-edik tulajdonság és σ_{Pj}^2 a j-edik tulajdonság fenotípusos varianciája ($i, j = 1, \dots, 5$).

Két tulajdonság közötti genetikai korreláció

$$corr_{Aij} = \frac{\sigma_{AiAj}}{\sqrt{\sigma_{Ai}^2 * \sigma_{Aj}^2}}$$

ahol σ_{AiAj} a két tulajdonság közötti genetikai kovariancia, σ_{Ai}^2 az i-edik tulajdonság és σ_{Aj}^2 a j-edik tulajdonság genetikai varianciája ($i, j = 1, \dots, 5$).

3.5. Tenyészértékek bemutatása

A tenyészértékek becslését a legjobb lineáris torzítatlan becslés (ismételhetőségi) egyedmodell (BLUP AM) módszerével végeztem a PEST szoftver (GROENEVELD és mtsai, 1990) felhasználásával. A becsült tenyészértékeket KOENEN (2005) útmutatása alapján 100-as átlaggal és 20-as szórással az alábbi képlet szerint transzformáltam át

$$TÉ_{transzf} = 100 + \frac{TÉ_o - \overline{TÉ_o}}{\sigma_a} * 20$$

ahol

$T\acute{E}_{transzf}$ = a becsült tenyészértékekből transzformált tenyészérték

$T\acute{E}_o$ = az eredeti becsült tenyészérték

$\overline{T\acute{E}_o}$ = a referencia populáció eredeti becsült tenyészértékeinek átlaga

σ_a = a tulajdonság additív genetikai varianciájának négyzetgyöke.

Mindegyik tenyészérték mellett becsültem az adott érték megbízhatósági értékét. A megbízhatóságot

$$r = \sqrt{1 - \frac{PEV}{\sigma_a^2}}$$

képlet alapján határoztam meg, ahol

σ_a^2 = a tulajdonság additív genetikai varianciája

PEV = a tenyészértékhez tartozó becsült hibavariancia.

Az eltérő teljesítmény mérőszámok alapján becsült tenyészértékeket Spearman-féle rangkorrelációval elemeztem (SPEARMAN, 1904). A rangkorrelációval a tenyészmenek tenyészérték szerinti sorrendje hasonlítható össze.

3.6. Sportversenyek eredményeinek értékelése random regresszióval

A vizsgálat alapjául a korábban bemutatott díjugrató adatbázis 1996 és 2009 közötti adatai szolgáltak. A szűkebb adatbázis használatát az indokolta, hogy nem álltak rendelkezésre a verseny napjai a 2010–2011 évekre. A verseny napjának pontos ismerete, valamint a lovak születési dátumának pontos ismerete elengedhetetlen a random regressziós elemzésekhez.

A vizsgálathoz a 3.1. alfejezetben már ismertetett adatbázis szolgált alapul. A random regressziós modellben a négy és tizenegy év közötti lovak közül azoknak az eredményeit vettem figyelembe, amelyeknek a vizsgált időtartamban legalább öt startjuk volt. Az így megszürt adatbázis 269598 sporteredményt tartalmazott. A 3.2 alfejezetben bemutatott mérőszámok közül az ismételtetőségi modell alapján legkedvezőbb három mérőszámra (Blom módszerrel normalizált és a kategóriával súlyozott helyezésekre, valamint a négyzetgyök és a 2-es alapú logaritmus függvényvel

átalakított kategóriával súlyozott mérőszámokra) illeszttem random regressziós modellt. Az adatok hibavariáciája nem tekinthető állandónak a vizsgálati időszakban, ezért korcsoportokat alakítottam ki. A korosztályokon belül a hibavariációt konstansnak feltételeztem. Az életkort az évek alapján hat csoportra osztottam. A kialakított korcsoportokban a startok számát az 5. táblázatban mutatom be.

5. táblázat: A korcsoportokba tartozó rekordok száma

Korcsoport	Intervallum napokban	Megfigyelések száma
4	1462–1827	12 268
5	1828–2192	37 216
6	2193–2557	42 845
7	2558–2922	39 952
8	2923–3288	33 640
8<	3288<	107 030

Az illesztéshez Legendre polinomot használtam. A Legendre polinom alakja általánosan

$$\phi_n(t) = \frac{1}{2^n} \sqrt{\frac{2n+1}{2}} \sum_{k=0}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} (-1)^k \binom{n}{k} \binom{2n-2k}{n} q_t^{n-2k}$$

ahol

$$q_t = -1 + 2 \frac{t - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}}$$

a t időparaméter –1 és 1 közé transzformált értéke. A t_{\min} a legfiatalabb életkor, a t_{\max} a legidősebb életkor napokban kifejezve.

Az elemzésben alkalmazott random regressziós egyedmodell

$$Y_{ijkl}(t) = \mu + Ivar_i + Versenyév_j + Helyszín_k + Lovas_l + \sum_{n=1}^N t^n + \sum_{n=1}^N \alpha_0 \theta_n(q(t)) + \sum_{n=1}^N \gamma_0 \theta_n(q(t)) + e_{ijkl}$$

ahol

$Y_{ijkl}(t)$ = a ló teljesítményét értékelő pontszám

μ = a populációátlag

$Ivar_i$ = ivar fix hatása

$Versenyév_j$ = a verseny évének fix hatása

$Helyszín_k$ = a verseny helyszínének fix hatása

$Lovas_l$ = a lovas véletlen hatása

t = a napokban kifejezett életkor

$\theta_n(x)$ = a Legendre polinom

α_0 = a ló additív genetikai hatásának random regressziós együtthatója

γ_0 = az állandó környezeti hatás random regressziós együtthatója

e_{ijkl} = a véletlen hiba értéke.

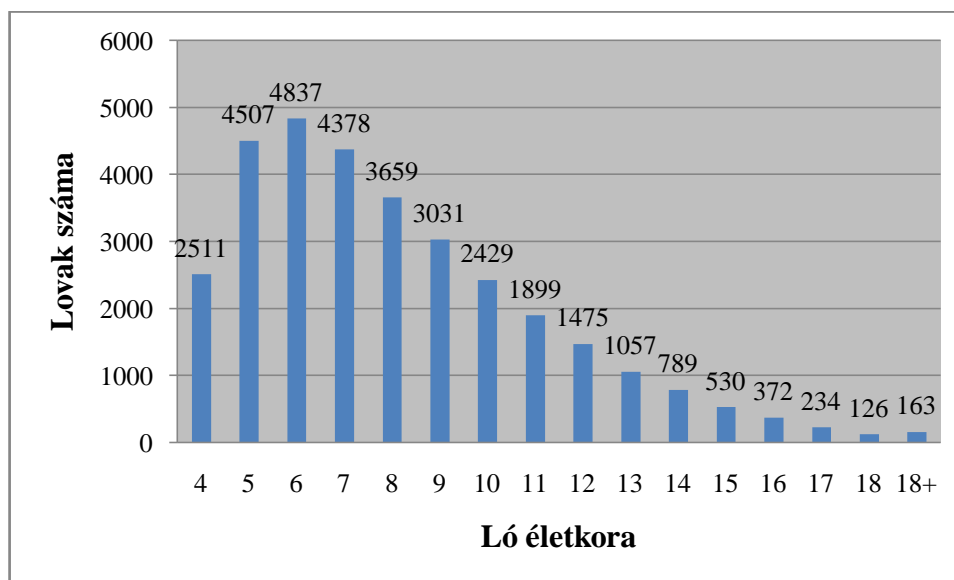
A random regressziós együtthatók variancia komponenseit REML módszerrel, a VCE-6 szoftverrel határoztam meg. A random regressziós együtthatók és a variancia komponensek alapján meghatároztam minden polinom esetén a sajátfüggvényeket és a hozzájuk tartozó sajátértékeket. A sajátérték mutatja meg a sajátfüggvény által leírt variancia nagyságát.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Néhány leíró statisztikai adat a tenyésztékek megbízhatóságát befolyásoló tényezőkről

A 2.4 alfejezetben tárgyaltam a tenyésztékek megbízhatóságát befolyásoló tényezőket, többek között a pontos származás hiányát, a kevés ideig tartó versenyzést, és a tenyészménenkénti kevés ivadék számot. Ezeket a tényezőket, a vizsgált adatbázis alapján, leíró statisztikai adatokkal is jellemzem.

A 3. ábrán a lovak életkorának eloszlását szemléltetem. Megjegyzem, hogy egy ló többször szerepel, amennyiben több éven keresztül van sporteredménye. A vizsgált időszakban az 5–6–7 éves lovak versenyeznek túlnyomó többségben (43%). Ennek oka lehet az is, hogy többnyire fiatal korban tesztelik a lovakat a szakágban. Az életkor előrehaladtával folyamatosan csökken a lovak sportban való kipróbálása, amit indokolhat a gyengébb teljesítményűek lemorzsolódása, sportban szerzett sérülések miatti kiesés, tenyésztésbe vétel vagy pénzügyi problémák. A 10 éves, vagy annál idősebb lovak a versenyző lovak mindössze 28%-át teszik ki. Csupán minden harmadik ló feszegetheti teljesítménye határát, mutathatja meg milyen csúcsteljesítményre képes.

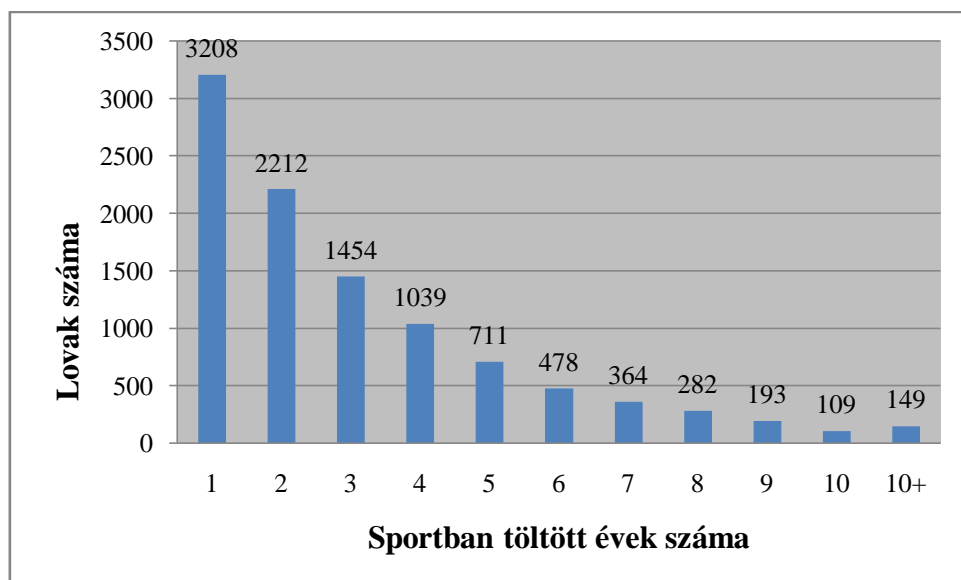


3. ábra: Az 1996–2011 között versenyző lovak eloszlása életkor szerint

A lovak sportkarrierje azonban fiatal korukban többnyire be is fejeződik. A sportban töltött évek számának eloszlását a 4. ábrán szemléltetem. A lovak kétharmada (67%)

legfeljebb 3 évet tölt el a sportban, ami szintén csökkenti annak az esélyét, hogy egy fiatal korban kezdő sportló megmutathassa későbbi teljesítményét, utalva fenotípusos értékére. A legtovább versenyző ló 15 évig versenyzett. A lovak 31%-a azonban kevesebb, mint 1 évig volt aktív a díjugrató szakágban. A hazai díjugratásban résztvevő lóállományt értékelve, a számított átlagos versenyzési idő 3,14 év, 1 év és 15 év szélsőértékkel.

Az adott időszakban díjugrató sportban versenyző lovak fele 7 éves vagy annál fiatalabb és csak 1–2 évet tölt versenyzéssel a díjugrató szakágban. A díjugrató szakágban a fentebb közölt időintervallumban versenyző hazai lóállomány 80%-a 50-nél kevesebb starttal fejezi be sportpályafutását, a lovankénti átlagos startszám 31,59. Ez rendkívül kevés, a teljesítményt illetően a tenyésztértékbecslés szempontjából szakmailag nehezen értelmezhető. A valós ok ismeretlen, nem tudható, hogy a genetikai képesség vagy egyéb (humán befektetés, gazdasági) tényező miatt kevés a lovankénti start, de ez a tény a szelekció szakmai megalapozottságát csökkenti. A kevés startszám magasabb versenyszinteken összefüggésben állhat a rövid ideig tartó átlagos versenyzési idővel.



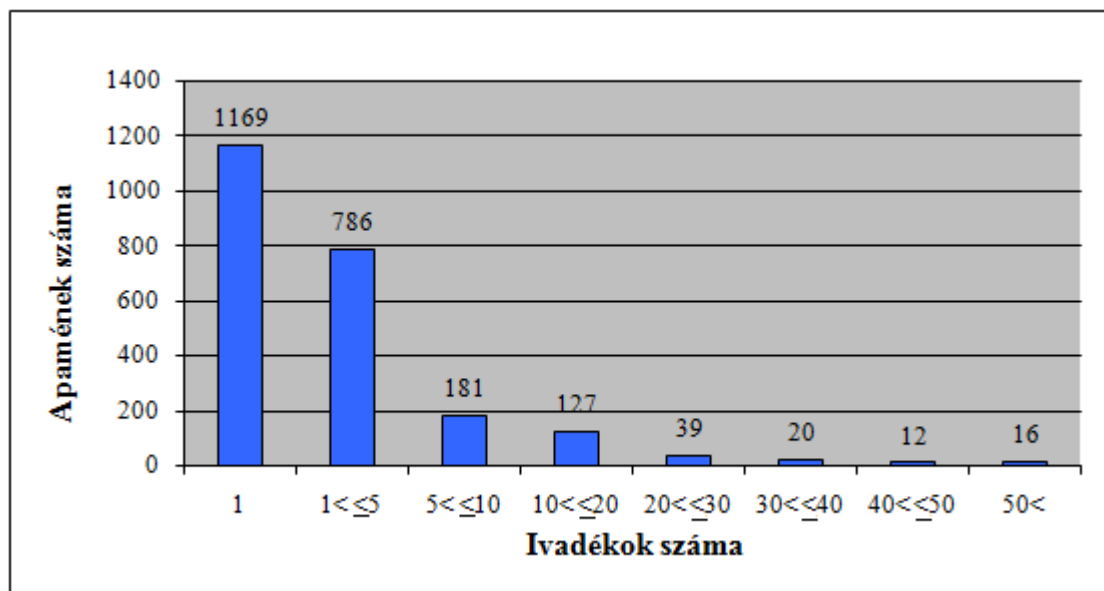
4. ábra: Az 1996–2011 között versenyző lovak sportban töltött éveinek száma

A svéd sportlóállományban 1971–2006 közötti időszakban BRAAM és mtsai (2009) vizsgálták a sportban aktívan versenyzéssel töltött évek számát. Azok a lovak, amelyek csak díjugrató szakágban versenyeznek, átlagosan 3,3 évig tart karrierjük. Ezzel szemben az egynél több szakágban versenyző lovak sportkarrierje hosszabb, a díjugratásban és díjlovaglásban egyszerre versenyző lovak átlagosan 4,77 évet, a

díjugratásban és militaryban párhuzamosan versenyző lovak átlagosan 4,76 évet, míg az említett mindhárom szakágban egyaránt versenyző lovak átlagosan 6,41 évet töltenek aktívan versenyzéssel.

LANGLOIS (1975) szerint a díjugrató sportban versenyző lovak átlagosan 9 éves korukban, KOTOV (1977) szerint az orosz díjugró lovak átlagosan 12,7 éves korukban érik el legmagasabb teljesítményüket. DYSON (2000) közleményében olvasható, hogy a díjugró lovak általában 8, illetve 9 éves korukban érik el a Grand Prix versenyek szintjét, és ha elérték, akkor 15–20 éves korukig tart a sportkarrierjük. BHATNAGAR (2010) 10 vagy annál idősebb átlagos életkort említ közleményében.

Az 5. ábrán a tenyészménekenkénti ivadékok számát mutatom be. A 2350 tenyészmén 50%–a csak egyetlen ivadékkal rendelkezik, míg csupán 9%–nak van legalább 10 díjugrató szakágban versenyző ivadéka. A magyarországi díjugrató szakágban 1996–2011 között az egy ménre jutó sportban kipróbált ivadékok száma átlagosan 4,34, szórás: 9,5 minimum:1, maximum 156.

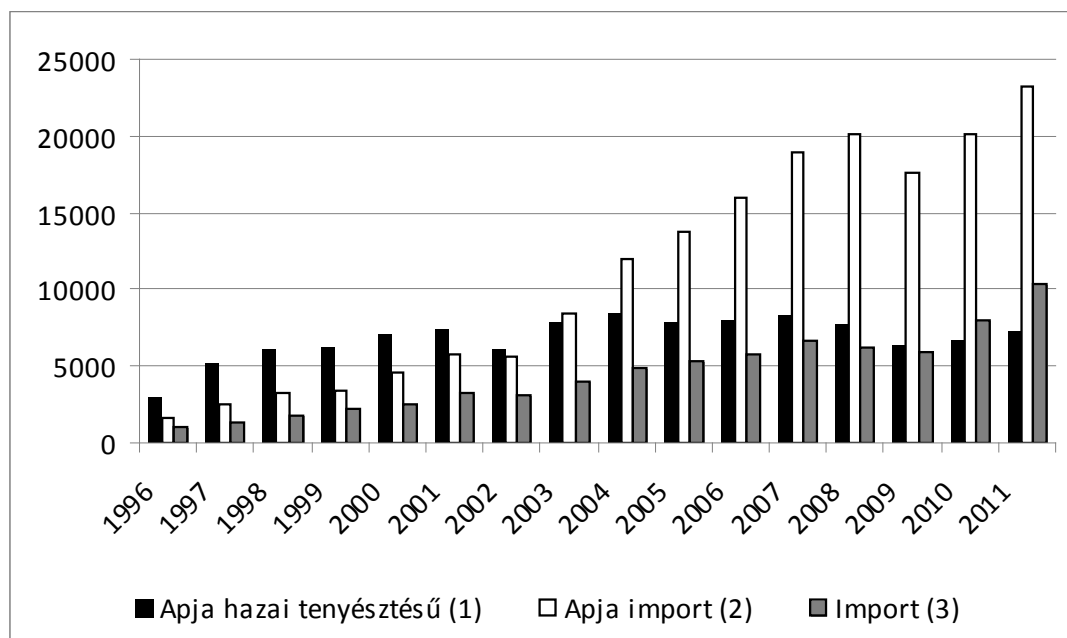


5. ábra: A tenyészmének eloszlása a sporteredménnyel rendelkező ivadékaik számai alapján

STEWART és mtsai (2010) az angol sportló állományra (Nagy Britannia) átlagos ménekenkénti ivadékszámra 1,7, míg a svéd sportló állományban VIKLUND és mtsai (2011) az 1960 és 1988 közötti időszakban született tenyészménekre 188,6 értéket közölnek. Ivartól függetlenül legalább 15 körüli ivadék szükséges a szelekció alapját képező tenyészértékbecsléshez, de az ivadékszám és az adatok növelésével a becslést

tenyészték megbízhatósága, a tenyésztői döntések megalapozottsága nő (WILLIS,1991). REILLY és mtsai (1998) munkájukban közlik, hogy a 305 ivadékkal (és azok teljesítménnyel) rendelkező tenyészmének tenyésztékének megbízhatósága 0,98.

Az import ménektől származó ivadékok egyre nagyobb mértékű sportban való kipróbálását szemléltetem a 6. ábrán. A kezdeti 1996-os adatokhoz viszonyítva a vizsgált időszak végére (2011-re) a hazai tenyésztésű tenyészméntől származó lovak startjainak száma 2,5-szeresére gyarapodott, míg az import apától származó hazai tenyésztésű egyedeké 14-szeresére, az import lovaké pedig 10,5-szeresére nőtt. Az import tenyészmének hazai tenyésztésű ivadékai 2003 óta a legnagyobb arányban versenyeztek a díjugrató sportban. Az import lovak sportban való szerepeltetése is évről évre növekedett. A hazai tenyésztésű tenyészménektől származó lovak sportban való kipróbálása a vizsgált időszak utolsó 8 évében messze elmaradt az import apaállattól származó hazai tenyésztésű egyedekétől. 2011-ben a hazai tenyésztésű anyától és apától származó sportlovak közel ugyanannyi indulással rendelkeztek, mint 2001-ben.



6. ábra: A díjugrató szakágban indult sportlovak indulásainak eloszlása évenként az egyes genetikai csoportokban

4.2. A teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámok értékelése

A 3. táblázatban általánosított formában bemutatott teljesítményt értékelő pontszámok közül a legjobban illeszkedő modelleket prezentálom. A négyzetgyök függvénnyel transzformált mérőszámok esetében a $c=15$ érték választása volt optimális. A logaritmus függvénnyel transzformált mérőszámok közül pedig a $c=10$, $a=2$; $c=3$, $a=10$; illetve a $c=5,5$ és $a=e$ számpárok. Az inverz normális transzformációk közül mind a Blom-féle ($k=3/8$), Waerden-féle ($k=0$) és Tukey-féle ($k=1/3$) pontszámokra illesztett modellek eredményeit mutatom be. A 6–8. táblázatok az egyes modellekben szereplő fix és véletlen hatások szignifikancia értékeit tartalmazzák.

6. táblázat: A négyzetgyök függvénnyel átalakított mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei

Mérőszám	Ló életkora	Ló ivara	Verseny év	Verseny helyszín	Nehézségi kategória	Lovas
$15 - \sqrt{\text{helyezés}}$	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
$(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001
$(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}^2$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001

Az egyes modellekben mindegyik hatás szignifikánsnak bizonyult, tehát a modellekben való figyelembe vételük indokolt.

7. táblázat: A logaritmus függvénnyel átalakított mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei

Mérőszám	Ló életkora	Ló ivara	Verseny év	Verseny helyszín	Nehézségi kategória	Lovas
$10 - \log_2(\text{helyezés})$	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
$(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001
$(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001
$3 - \lg(\text{helyezés})$	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
$(3 - \lg(\text{helyezés})) * \text{kategória}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001
$(3 - \lg(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001
$5,5 - \ln(\text{helyezés})$	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
$(5,5 - \ln(\text{helyezés})) * \text{kategória}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001
$(5,5 - \ln(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001

8. táblázat: A standard normális eloszlás inverz függvényével átalakított mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei

Mérőszám	Ló életkora	Ló ivara	Verseny év	Verseny helyszín	Nehézségi kategória	Lovas
Blom-féle pontszám+3	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
(Blom-féle pontszám+3) * kategória	<,001	<,001	<,001	<,001	-	<,001
(Blom-féle pontszám+3)*kategória ²	<,001	<,001	<,001	<,001	-	<,001
Tukey-féle pontszám+3	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
(Tukey-féle pontszám+3) * kategória	<,001	<,001	<,001	<,001	-	<,001
(Tukey-féle pontszám+3)*kategória ²	<,001	<,001	<,001	<,001	-	<,001
Waerden-féle pontszám+3	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
(Waerden-féle pontszám+3) * kategória	<,001	<,001	<,001	<,001	-	<,001
(Waerden-féle pontszám+3)*kategória ²	<,001	<,001	<,001	<,001	-	<,001

A 9. táblázatban az egyes modellekre becsült determinációs együttható értékei (R^2), illetve ezek négyzetgyöke (R), és RMSE értékek szerepelnek, melyekkel a modellek illeszkedése jellemezhető. Mindhárom transzformációs típusnál elmondható, hogy a nehézségi szinttel nem súlyozott mérőszámokra alacsony ($R^2 = 0,09-0,18$), míg a verseny nehézségi szintjével súlyozott mérőszámokra illesztett modellek közepes illeszkedést ($R^2 = 0,36-0,47$) eredményeztek. Azokban az esetekben ahol a teljesítményt értékelő pontszámra illesztett modellben a nehézségi kategória fix hatásként szerepelt (azaz nem volt súlyozva a mérőszám), a négyzetgyök függvénnyel való transzformáció eredményezte a legjobb illeszkedést. A modellek determinációs koefficiens értékeire mindegyik transzformáció esetében megállapítható, hogy a modellek jobban illeszkedtek a nehézségi szinttel súlyozott mérőszámokra, mint a nem súlyozott mérőszámokra. A mérőszámokra illesztett modellek jósága azokban az esetekben, amikor a nehézségi kategóriával, illetve a nehézségi kategória négyzetével súlyoztunk, a modellek determinációs együtthatóinak értékei közel azonosak voltak, egy vagy két tizedes jegy értékkel tértek el egymástól. Sejtésünkkel ellentétben tehát a kategória négyzetével való súlyozás nem eredményezett sokkal jobban illeszkedő modellt.

A logaritmus függvénnyel való transzformációt tekintve, a természetes alapú logaritmus függvényre becsült determinációs együttható értéke elmaradt a 2-es, és 10-es alapú logaritmus függvényre becsült értékektől. Míg az utóbbi két eset teljesen egyforma eredményt becsültünk, ezért a későbbi vizsgálatok eredményeit csak a 2-es alapú logaritmus függvénnyel transzformált mérőszámokra mutatjuk be.

Az inverz normális transzformációk esetében a modellek illeszkedésének jósága közel azonos értékeket eredményeztek, ezért a későbbi vizsgálatok eredményét ezek közül a mérőszámok közül a Blom-féle módszer bemutatására korlátozom.

9. táblázat: A vizsgált mérőszámokra illesztett modellek illeszkedésének összehasonlítása

Mérőszám	R²	R	RMSE
$15 - \sqrt{\text{helyezés}}$	0,18	0,42	1,30
$(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}$	0,47	0,69	5,96
$(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}^2$	0,46	0,68	26,71
$10 - \log_2(\text{helyezés})$	0,16	0,40	2,00
$(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}$	0,43	0,66	0,70
$(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$	0,45	0,67	4,86
$3 - \lg(\text{helyezés})$	0,16	0,40	2,19
$(3 - \lg(\text{helyezés})) * \text{kategória}$	0,43	0,60	2,19
$(3 - \lg(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$	0,45	0,64	8,38
$5,5 - \ln(\text{helyezés})$	0,16	0,40	1,31
$(5,5 - \ln(\text{helyezés})) * \text{kategória}$	0,36	0,66	3,89
$(5,5 - \ln(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$	0,41	0,67	16,21
Blom pontszám+3	0,09	0,30	0,82
$(\text{Blom pontszám}+3) * \text{kategória}$	0,45	0,67	1,92
$(\text{Blom pontszám}+3) * \text{kategória}^2$	0,46	0,68	7,73
Tukey pontszám+3	0,09	0,30	0,83
$(\text{Tukey pontszám}+3) * \text{kategória}$	0,45	0,67	1,53
$(\text{Tukey pontszám}+3) * \text{kategória}^2$	0,47	0,69	7,61
Waerden pontszám+3	0,09	0,30	0,83
$(\text{Waerden pontszám}+3) * \text{kategória}$	0,45	0,67	1,52
$(\text{Waerden pontszám}+3) * \text{kategória}^2$	0,47	0,69	7,61

A verseny nehézségi szintjével súlyozott mérőszámokat tekintve, a négyzetgyök függvény és az inverz normális transzformációk jobb illeszkedést, nagyobb R² értékeket eredményeztek, mint a logaritmus függvényével transzformált esetekben.

A mért és a számított adatok közötti korrelációk (R) közepes értékeket eredményeztek. Az RMSE értékekkel kapcsolatban megjegyzem, hogy a legkisebb RMSE érték

eredményezi a legpontosabb vizsgálatot. Mindegyik modellnél a kategória négyzetével való súlyozás eredményezte a legkevésbé pontos modellt, míg a pontosabb modellek között helyet kaptak a súlyozatlan és a lineáris súlyozású modellek is. A négyzetgyök transzformációnál a súlyozatlan modell esetében kaptam a legkisebb értéket, míg a logaritmusos transzformációnál tapasztaltam, hogy a lineáris súlyozás jobbnak bizonyult, vagy egyforma értéket vett fel a súlyozatlannal.

A dobogós helyezéseken és a startok számán alapuló teljesítmény mérőszámokra bár a vizsgált hatások szignifikánsnak bizonyultak, az illesztett modellek jósága mindegyik esetben nagyon alacsony. A 10.–12. táblázatokban tájékoztatásul közlöm ezeket az eredményeket, azonban a kicsi determinációs együtthatóra tekintettel ezeket a mérőszámokat a későbbi vizsgálatokból kizártam.

10. táblázat: A dobogós helyezéseken alapuló négyzetgyök függvényrel transzformált mérőszámokra illesztett modellek tagjainak szignifikancia értékei, a modellek illeszkedésének mértéke

Mérőszám	Ló életkora	Ló ivara	Év	Verseny helyszín	Nehézségi kategória	Lovas	R ²
$\sqrt{\text{dobogós helyezések aránya}}$	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	0,06
$\sqrt{\text{dobogós helyezések száma}}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001	0,09
$\sqrt[3]{\text{dobogós helyezések száma}}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001	0,09
$\sqrt[3]{\text{dobogós helyezések száma/év}}$	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	0,09

11. táblázat: A dobogós helyezéseken alapuló logaritmus függvénnyel transzformált mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei, a modellek illeszkedésének mértéke

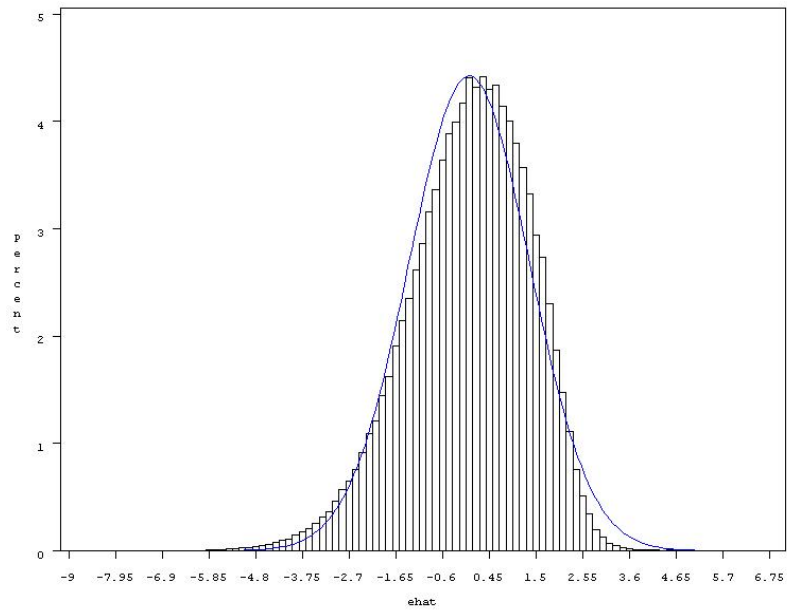
Mérőszám	Ló életkora	Ló ivara	Év	Verseny helyszín	Nehézségi kategória	Lovas	R ²
$\lg(\text{dobogós helyezések száma} + 1)$	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	0,09
$\ln\left(\frac{X + 0,5}{100,5 - X}\right)$ X=dobogós helyezések aránya*100	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001	0,06
$\lg(\text{startok száma})$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001	0,08

12. táblázat: A dobogós helyezéseken és startok számán alapuló mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei, a modellek illeszkedésének mértéke

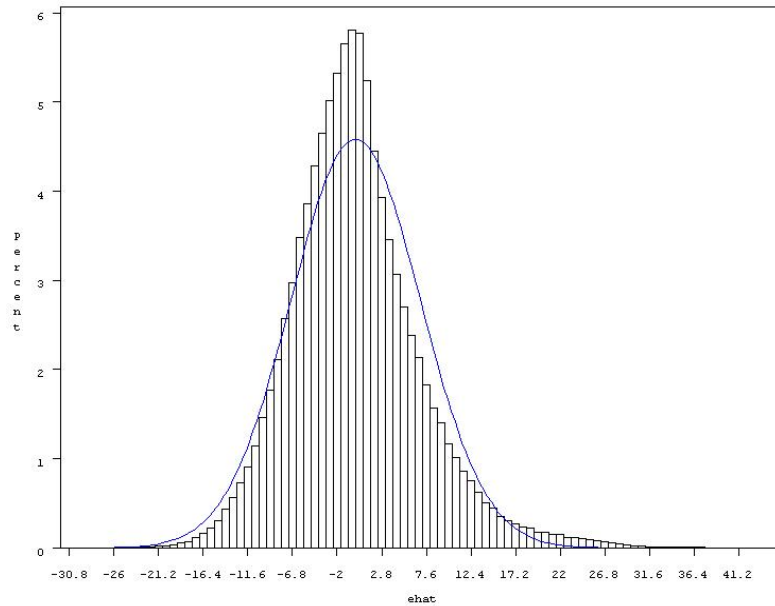
Mérőszám	Ló életkora	Ló ivara	Év	Verseny helyszín	Nehézségi kategória	Lovas	R ²
dobogós helyezések száma évenként	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	0,08
$\left(\frac{\text{dobogós helyezések száma}}{\text{startok száma}}\right)^{0,8}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001	0,06
$\left(\frac{\text{dobogós helyezések száma}}{\text{startok száma}} * 100\right)^{0,8}$	<,001	<,001	<,001	<,001	–	<,001	0,06

A hibatagok eloszlásának normalitását Kolmogorov–Szmirnov próbával vizsgáltam. A vizsgált transzformációk esetében a hibatagok eloszlása szignifikánsan ($P < 0,01$) normális eloszlású, így a fentebb említett REML módszer alkalmazhatónak bizonyult. A hibatagok (mérőszámok becslési hibáinak) eloszlását a négyzetgyök függvénnyel átalakított mérőszámok esetében a 7–9. ábrákon, a logaritmus függvénnyel átalakított mérőszámok esetében a 10–12. ábrákon, valamint a Blom-féle transzformáció esetében a 13–15. ábrákon szemléltetem.

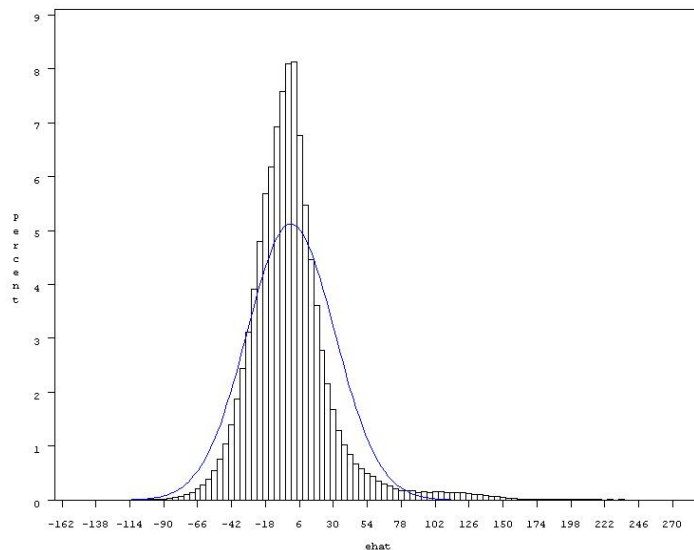
A hibatagok eloszlása azt mutatja, hogy a nehézségi kategóriákkal történő súlyozás javítja a hibatagok eloszlását. Leginkább a nehézségi szintekkel végzett szorzás hatása látványos.



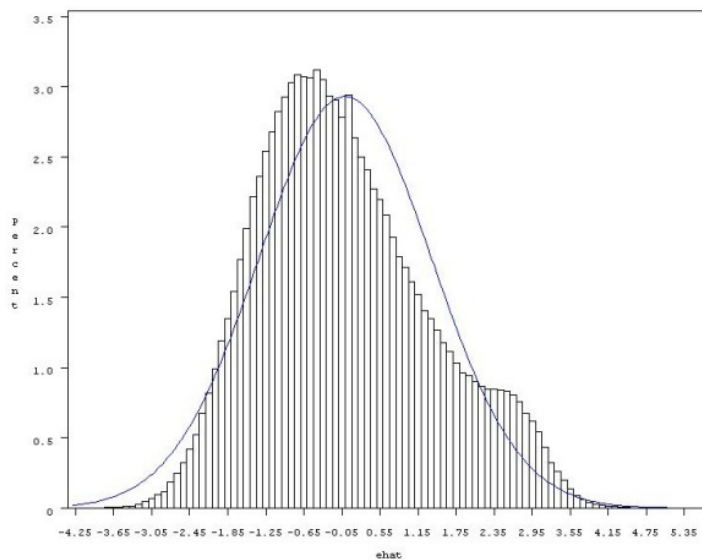
7. ábra: Hibatagok eloszlása a $15 - \sqrt{\text{helyezés}}$ mérőszám esetén (Sig < 0,01)



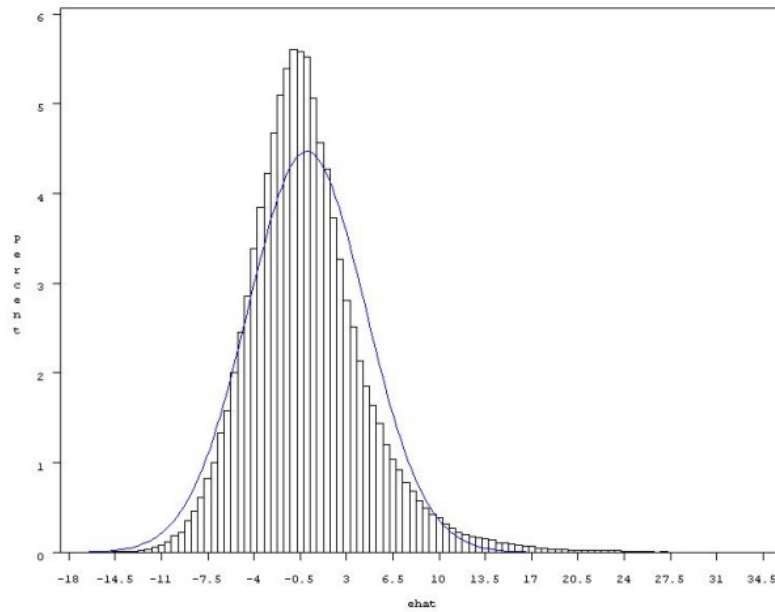
8. ábra: Hibatagok eloszlása a $(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{categoria}$ mérőszám esetén (Sig < 0,01)



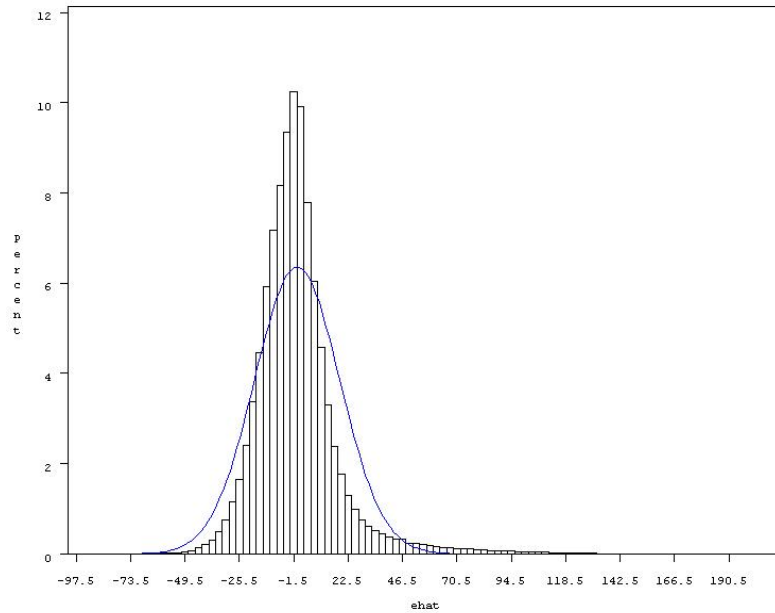
9. ábra: Hibatagok eloszlása a $(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}^2$ mérőszám esetén (Sig < 0,01)



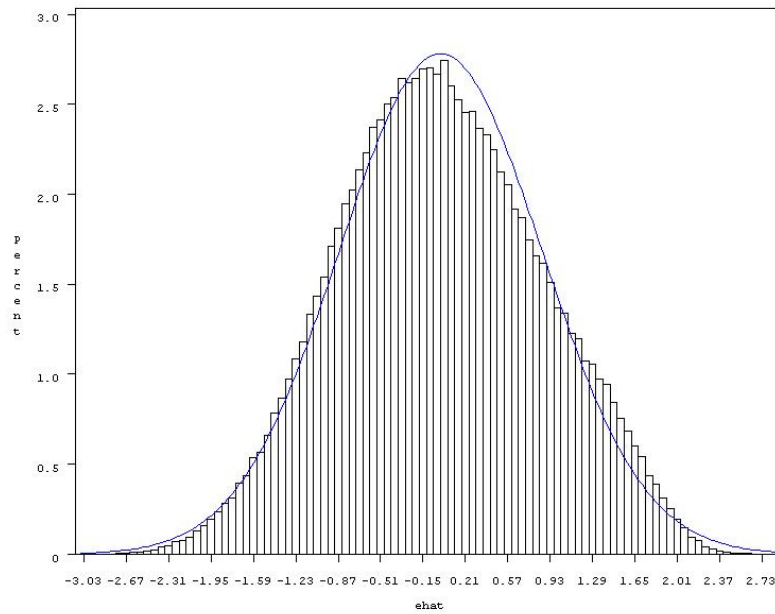
10. ábra: Hibatagok eloszlása a $10 - \log_2(\text{helyezés})$ mérőszám esetén (Sig < 0,01)



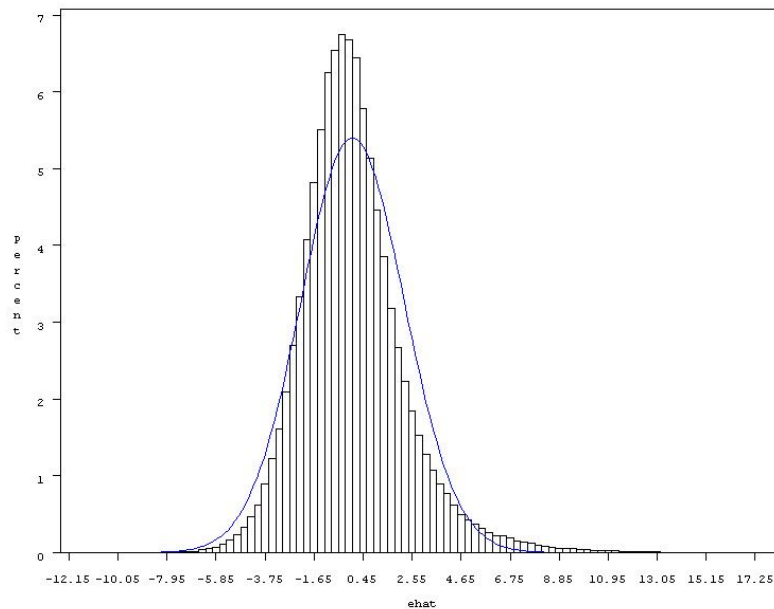
11. ábra: Hibatagok eloszlása a $(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória mérőszám}$ esetén (Sig < 0,01)



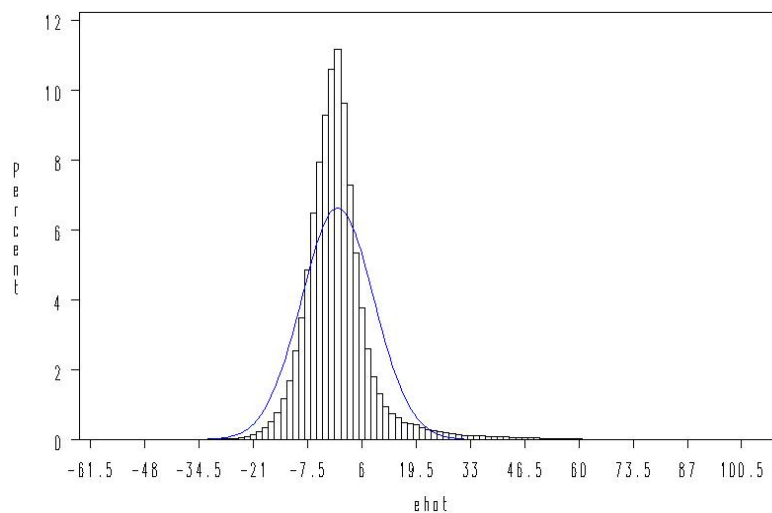
12. ábra: Hibatagok eloszlása a $(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$ mérőszám esetén (Sig < 0,01)



13. ábra: Hibatagok eloszlása a „Blom-féle pontozás” mérőszám esetén (Sig < 0,01)



14. ábra: Hibatagok eloszlása a „Blom-féle pontozás” * kategória mérőszám esetén (Sig < 0,01)



15. ábra: Hibatagok eloszlása a „Blom–féle pontozás” * kategória² mérőszám esetén (Sig < 0,01)

4.3. Genetikai paraméterek becslése

A becsült genetikai paramétereket csak azokra a teljesítményt értékelő mérőszámokra közlöm, amelyeket az előző fejezetben indokoltan érdemesnek tartottam a további vizsgálatok bevonásába. A szűkített mérőszámlistára a becsült variancia komponenseket, az örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket a *13.–15. táblázatokban* közlöm. Mindegyik tulajdonság esetén szignifikáns és kis $0,02_{(0,003)}-0,07_{(0,006)}$ örökölhetőségi értékeket, továbbá szignifikáns és kis, illetve közepes $0,08-0,25$ ismételhetőségi értékeket becsültem, a külföldi szakirodalomhoz hasonlóan. Az egyes varianciarányadok után zárójelben tüntettem fel a standard hibák értékeit. Mindegyik mérőszám esetében a becsült varianciarányadok szignifikánsan különböznek a nullától, mivel a standard hibák háromszoros értékét meghaladják. Az örökölhetőségi érték és az állandó környezeti hatás varianciarányada szignifikánsan különbözik a nullától, ez arra enged következtetni, hogy az összegük, vagyis az ismételhetőségi érték is szignifikánsan eltér a 0 értéktől.

Általánosan megállapítható, hogy a nehézségi szinttel súlyozott tulajdonságokra nagyobb örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket becsültem, több mint kétszeres értéket eredményeztek a nem súlyozott mérőszámokra becsült értékeknél. Megjegyzem,

hogy a modellek illeszkedésének vizsgálatakor is lényeges különbséget tapasztaltam a nehézségi szinttel súlyozott és a súlyozatlan mérőszámok között, a súlyozottak javára. A nehézségi szint, mint súlyzófaktor tehát nem csak, hogy jobban illeszkedő modellt eredményezett, hanem növelte az örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket. Várakozásainknak megfelelően érdemes a verseny kategóriát súlyozásra használni, a modellbe való beépítés helyett (fix hatásként tekintve).

13. táblázat: A négyzetgyök függvénnyel átalakított mérőszámok esetében becsült variancia komponensek, örökölhetőségi és ismételhetőségi értékek

Mérőszám	h^2	R	Lovas/ V_p	Állandó környezeti hatás/ V_p	Maradéktag (Hiba/ V_p)
$15 - \sqrt{\text{helyezés}}$	0,02 _(0,003)	0,09	0,06 _(0,003)	0,06 _(0,003)	0,85 _(0,003)
$(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}$	0,07 _(0,006)	0,25	0,15 _(0,004)	0,18 _(0,006)	0,60 _(0,004)
$(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}^2$	0,06 _(0,006)	0,23	0,12 _(0,004)	0,17 _(0,006)	0,65 _(0,004)

* V_p fenotípusos varianciát jelöli

A súlyozott mérőszámok esetében megnőtt a lovas és az állandó környezeti hatás teljesítményre gyakorolt hatása is, a fenotípusos variancia nagyobb hányadát magyarázzák. A maradéktag, vagyis azok a teljesítményt befolyásoló egyéb tényezők, amiket nem tudtam definiálni, ezáltal figyelembe venni a modellben, a fenotípusos varianciának túlnyomó részét képezi (60–85%). NOVOTNÁ és mtsai (2014) a cseh díjugró lovak teljesítményét egyedmodellel vizsgálva a hibapontok logaritmikus és Blom-féle transzformációt alkalmazva, hasonlóan kicsi $h^2 = 0,07$ örökölhetőségi értéket becsültek. A lovas varianciarányada a fenotípusos variancia 8,2–8,4%–át, míg az állandó környezeti hatás 10,7%, a maradéktag pedig a fenotípusos variancia legnagyobb részét 73,6%–át tette ki. A vizsgált tulajdonságokra 0,18 ismételhetőségi értéket becsültek.

A kis örökölhetőségi és ismételhetőségi értékek oka lehet egyrészt a tenyészménenkénti kevés sportban teljesítő ivadék, a lovankénti kevés startszám, információhiány oldalági rokonok teljesítményéről, valamint a ló teljesítményét nagyon is befolyásoló nem konkrét környezeti tényezők jelenléte. Olyan nem genetikai hatásokról van szó, amelyek különbséget eredményeznek a versenyen nyújtott teljesítmények között. A

kicsi örökölhetőségi értékek esetében az oldalági rokonokról szerzett információ még fontosabb a pontosabb tenyésztértékbecslés érdekében.

14. táblázat: A logaritmus függvénnyel átalakított mérőszámok esetében becslt variancia komponensek, örökölhetőségi és ismételhetőségi értékek

Mérőszám	h^2	R	lovak/ V_p	Állandó környezeti hatás/ V_p	Maradéktag (Hiba/ V_p)
$10 - \log_2(\text{helyezés})$	0,02 _(0,003)	0,08	0,07 _(0,003)	0,06 _(0,003)	0,85 _(0,003)
$10 - \log_2(\text{helyezés}) * \text{kategória}$	0,07 _(0,006)	0,23	0,12 _(0,003)	0,17 _(0,006)	0,64 _(0,004)
$10 - \log_2(\text{helyezés}) * \text{kategória}^2$	0,05 _(0,006)	0,22	0,11 _(0,003)	0,17 _(0,005)	0,66 _(0,004)

* V_p fenotípusos varianciát jelöli

15. táblázat: A standard normális eloszlás inverz függvényével átalakított mérőszámok esetében becslt variancia komponensek, örökölhetőségi és ismételhetőségi értékek

Mérőszám	h^2	R	lovak/ V_p	Állandó környezeti hatás/ V_p	Maradéktag (Hiba/ V_p)
Blom-féle pontozás	0,05 _(0,005)	0,13	0,05 _(0,002)	0,07 _(0,004)	0,83 _(0,003)
Blom-féle pontozás * kategória	0,07 _(0,006)	0,23	0,11 _(0,003)	0,16 _(0,006)	0,66 _(0,004)
Blom-féle pontozás * kategória ²	0,05 _(0,005)	0,22	0,11 _(0,003)	0,17 _(0,005)	0,67 _(0,004)

* V_p fenotípusos varianciát jelöli

Kicsi örökölhetőségi értéket becsültek MEINARDUS és BRUNS (1988) a német ugróló állományra $h^2 = 0,01-0,18$, holland lovak teljesítményére HUIZINGA és Van der MEIJ (1989) $h^2 = 0,10$, KOERHUIS (1992) $h^2 = 0,10-0,20$, KOENEN és mtsai (1995) $h^2 = 0,17$. A Blom-féle pontozással mért teljesítményre, FORAN és mtsai (1995) az ír díjugró lovak teljesítményére $h^2 = 0,08$, JANSSENS és mtsai (1997) a belga ugróló állományra (a verseny nehézségi szintjét figyelmen kívül hagyva) $h^2 = 0,09$ értéket becsültek. WALLIN és mtsai (2003) svéd ugrólovak teljesítményét vizsgálva a kumulált helyezésekre $h^2 = 0,27$ örökölhetőségi értéket becsültek. A cseh ugrólovak teljesítményét vizsgálva JISKROVÁ (2004) $h^2 = 0,08$ értéket becsült, a helyezésein

alapuló teljesítményt elemezve GÓMEZ és mtsai (2006) a spanyol ugróló állományra $h^2 = 0,15$, JANSSENS és mtsai (2007) a belga ugróló állományra $h^2 = 0,1$ örökölhetőségi értéket becsültek. RUHLMANN és mtsai (2009b) közlényükben több európai ország díjugró sportlóállományát hasonlítják össze egymással, a dán sportlóállományban $h^2 = 0,1$, a francia sportló állományban $h^2 = 0,16$ örökölhetőségi értékeket közölnek a helyezésen alapuló teljesítményre.

Az ismételhetőségi értékekre hasonló értékeket közölnek RUHLMANN és mtsai (2009b) a belga ugróló állományra $R = 0,23-0,29$, a dán $R = 0,2$, a francia $R = 0,16$, és az ír ugróló állományra $R = 0,16-0,18$.

4.4. Különböző nehézségi szinteken nyújtott teljesítmény értékelése

A 16. táblázatban azokat a mérőszámokat tüntettem fel, amelyek esetében az egyes nehézségi szintek között korrelációs értékeket becsültem.

16. táblázat: A teljesítményt értékelő, matematikai átalakításokkal képzett mérőszámok

Mérőszám	Alkalmazott matematikai átalakítás
I. mérőszám	$(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}$
II. mérőszám	$(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}$
III. mérőszám	$(\text{Blom} - \text{féle pontszám} + 3) * \text{kategória}$

A különböző matematikai átalakításokkal képzett mérőszámokra becsült genetikai és fenotípusos korrelációkat a 17–19. táblázatokban közlöm. Az eltérő elemi függvények alkalmazásának ellenére, a kapott korrelációs értékek tendenciája hasonlóan alakult. Erre magyarázat lehet egyrészt, hogy a számítások során minden esetben az elért helyezésekből indultam ki, másrészt, hogy mindhárom esetben a függvények szigorú monotonitása miatt a jobb teljesítményhez nagyobb pontszám társult. Az egyes kategóriákban nyújtott teljesítmények között jelentős eltérések vannak, ami a becslések pontosságát, értékelhetőségét rontja.

Megjegyzem, hogy a versenyrendszer legnehezebb szintjén az 5. kategóriában, és a többi kategóriában teljesítő lovak eredményeinek összevetése az elegendő elemszám

hiánya miatt nem adott értelmezhető eredményeket, így a becült korrelációs értékeket csak az első 4 nehézségi szintre ismertetem.

17. táblázat: A I. mérőszám esetében számított genetikai (az átló fölött) és fenotípusos korrelációk (az átló alatt)

Nehézségi szintek	N	1	2	3	4
1	209.866		0,83 _(0,06)	0,63 _(0,18)	0,48 _(0,24)
2	104.210	0,13		0,90 _(0,07)	0,67 _(0,25)
3	30.332	0,08	0,13		0,59 _(0,25)
4	12.084	0,07	0,11	0,13	

18. táblázat: Az II. mérőszám esetében számított genetikai (az átló fölött) és fenotípusos korrelációk (az átló alatt)

Nehézségi szintek	N	1	2	3	4
1	209.866		0,86 _(0,06)	0,71 _(0,17)	0,48 _(0,22)
2	104.210	0,13		0,89 _(0,07)	0,61 _(0,24)
3	30.332	0,08	0,13		0,57 _(0,22)
4	12.084	0,07	0,12	0,13	

19. táblázat: A III. mérőszám esetében számított genetikai (az átló fölött) és fenotípusos korrelációk (az átló alatt)

Nehézségi szintek	N	1	2	3	4
1	209.866		1,00 _(0,0003)	0,99 _(0,08)	0,86 _(0,22)
2	104.210	0,16		0,97 _(0,03)	0,74 _(0,14)
3	30.332	0,13	0,21		0,86 _(0,17)
4	12.084	0,12	0,19	0,22	

Az első négy nehézségi kategóriában nyújtott teljesítmények közötti genetikai korrelációk a logaritmikus és a négyzetgyök transzformációval kapott mérőszámok esetében közepesek és szorosak voltak ($r_g = 0,48-1,00$), míg a Blom normalizálással képzett mérőszámra szoros genetikai korrelációs értékeket becsültem. Az I. és II. mérőszámok esetében az első három nehézségi szint között becsülhettem szignifikáns genetikai korrelációs értékeket ($P < 0,05$). A III. mérőszám esetében pedig mind a négy nehézségi szint között becsült genetikai korrelációs értékek szignifikánsnak ($P < 0,05$) bizonyultak. A nehézségi szintek közötti távolság növekedésével a korrelációs értékek minden mérőszám esetében csökkentek. Ez összhangban van HASSENSTEIN és mtsai (1996) vizsgálatának eredményeivel. ALDRIDGE és mtsai (2000) az ír díjugró szakági versenyeket 3 nehézségi kategóriába sorolva, szoros (0,69–0,97) genetikai korrelációt becsültek a szintek között. KEARSLEY (2008) tanulmányában, 4 nehézségi szintként megkülönböztetve a díjugró szakági versenyeket, szoros genetikai korrelációt becsült a 4 kategória között (0,86–1) az angol díjugró sportlóállomány teljesítménye alapján. A becsült genetikai korrelációs értékek hasonlóan szorosak a QUINN (2005), illetve a NOVOTNÁ és mtsai (2014) által becsült értékeihez. QUINN (2005) ír sportlovak teljesítményét vizsgálva a versenyeket három nehézségi kategóriába sorolva, könnyű (I.), közepes (II.) és nehéz (III.), szoros genetikai korrelációs értékeket közöl 0,94 (I.–II.), 0,85 (I.–III.), és 0,98 (II.–III.). NOVOTNÁ és mtsai (2014) a versenyszinteket nehézségük szerint három kategóriába sorolták (I. 90–110 cm, II. 120–135 cm, III. 135–150cm). A három tulajdonság között Blom-féle transzformáció alkalmazásával 0,96 (I.–II.), 0,83 (I.–III.) és 0,91 (II.–III.) genetikai korrelációs értékeket becsültek.

JANSSENS és mtsai (2007) a belga díjugrólovak teljesítményét elemezve közepes 0,68 genetikai korrelációs értéket becsültek a vizsgált két nehézségi szint között.

A becsült értékek lényegesen magasabbak HASSENSTEIN és mtsai (1998) német díjugratási sporteredményekre becsült értékeinél. Ez az egyes nehézségi szinteken nyújtott teljesítmények közötti szorosabb genetikai összefüggésekre utal a hazai állományban.

A kicsi genetikai korrelációs érték arra utalna, hogy az adott csoportokat érdemes külön tulajdonságként kezelni. Szoros genetikai korrelációs értéket becsültünk az 1-es és 2-es, illetve 2-es és 3-as nehézségi szintek között, vagyis ezek között a kategóriák között nincs lényeges különbség, érdemes lehet egy tulajdonságként kezelni azokat, összevonni az 1-es és 2-es kategóriákat, vagy a 2-es és 3-as kategóriákat.

A fenotípusos korrelációk mindhárom mérőszám esetében laza ($r_f = 0,07-0,22$) összefüggést mutattak az egyes nehézségi szinteken nyújtott teljesítmények között. A nehézségi szintek közötti távolság növekedésével a genetikai korrelációkhoz hasonlóan a fenotípusos korrelációk értékei is csökkentek. A kapott eredmények elmaradnak HASSENSTEIN és mtsai (1998), ALDRIDGE és mtsai (2000), illetve KEARSLEY (2008) díjugratási sporteredményekből becsült értékeitől.

4.5. Tenyészértékek bemutatása

A 16. táblázatban ismertetett három teljesítményt értékelő mérőszámra becsültünk tenyészértékeket. A három különböző módszerrel átalakított helyezések alapján becsült tenyészértékek között nagyon szoros ($r = 0,97 - 0,99$) rangkorrelációs értéket számítottam (20. táblázat), ebből az következik, hogy az I., II. és III. mérőszámok esetében a mének sorrendje szinte azonos.

20. táblázat: Tenyészértékek közötti Spearman-féle rangkorreláció értékek

Mérőszámok	Mérőszám I.	Mérőszám II.	Mérőszám III.
II. mérőszám		0,88	0,85
III. mérőszám			0,78

A becsült tenyésztértékek bemutatását ennek értelmében, a három modell közül a legjobban illeszkedőre az I. mérőszámra korlátozom.

A tenyésztértékekre vonatkozóan a korrelációs értékek becsülésén túlmenően számoltam úgynevezett stabilitási értékeket is. Mindhárom mérőszám esetében tekintetem a legjobb 1000 egyed, azaz a teljes populációból a legnagyobb tenyésztértékű 1000 egyed, és megvizsgáltam, hogy az első 1000 egyed között hány azonos. Ezeket a százalékos értékeket a 21. táblázatban ismertetem. A négyzetgyök transzformációval becsült tenyésztértékek 88%-os egyezést mutatnak a logaritmus függvényvel becsült tenyésztértékekkel, és 85%-os egyezést a Blom-féle transzformációval becsült tenyésztértékekkel. Ez azt jelenti, hogy a mérőszámok alapján becsült tenyésztértékeket csökkenő sorrendbe rendezve, az első 1000 egyed között az első esetben 880, a második esetben 850 egyed azonos. A logaritmus transzformáció valamivel kevesebb, 78%-os egyezést mutat a Blom-féle transzformációval, azaz a két mérőszám alapján becsült tenyésztértékeket csökkenő sorrendbe rendezve, az első 1000 egyed között 780 egyezik.

21. táblázat: Tenyésztértékek stabilitás értékei

Mérőszámok	Mérőszám	Mérőszám	Mérőszám
	I.	II.	III.
II. mérőszám		0,99	0,98
III. mérőszám			0,97

A becsült tenyésztértékeket az 1.–4. számú mellékletek tartalmazzák. A vizsgálatban résztvevő 2350 tenyészmén közül 35 mén esetében becsülhettem legalább 0,7 megbízhatóságú tenyésztértéket (1. számú melléklet), a legkisebb ivadákszám 27 volt. A megbízhatósági értékek értelmezésekor a 0,7 és az e feletti értékek tekinthetők elfogadhatónak, míg a 0,7 alatti értékek csupán előrejelzésként foghatók fel. A 100-as átlagtól jobbra láthatók a vizsgált tulajdonságban javító hatású pozitív tenyésztértékű mének, míg az átlagtól balra az adott tulajdonságban rontó hatású negatív tenyésztértékű mének. A bemutatott 35 mén közül Masetta, Bilbao, Szikrázó 3–I. tm és Hospodar mének esetében becsültem negatív tenyésztértéket, bár az utóbbi két mén tenyésztértéke átlaghoz közelinek tekinthető. Az Alcatraz ménre átlagos értékű (100-as) tenyésztértéket

becsültem. Megjegyzem, hogy a populáció átlagához közeli értékek azt mutatják, hogy a mének ivadékainak teljesítménye átlaghoz közelinek tekinthető. A megbízható tenyésztékű mének közül 30 mén esetében utalnak az adott tulajdonságban javító hatásra az eredmények, vagyis ahol a becsült tenyésztékű mének a 100-as átlag értékénél nagyobbak. Az átlagtól nagyobb, de az 1 szórásegységet meg nem haladó 100–120 tenyésztékű mének bár javító hatásúak, jelentős hatást mégsem mutatnak, mert – a normális eloszlás sűrűségfüggvényét tekintve – ivadékaik a populáció csupán 50%-tól tekinthetők jobbnak. Egy adott értékmérőben jelentős előrehaladás csak azoktól a ménektől, valamint ivadékaiktól várható, amelyek minél inkább közelítenek a 3 szórásértékhez, de legalább 1 szórásegységnyi értéket meghaladóan pozitív irányban eltérnek az átlagtól. Az átlagtól legalább 1 szórásegységgel nagyobb (legalább 120-as) tenyésztékű mének 12 mén esetében becsültem. Ezek közül 7 mén holsteini, 3 magyar sportló, 1 magyar félvér és 1 holland félvér fajtájú, melyek ivadékszámuk 34 és 156 között változott.

A legjobb 3 mén között a két holsteini ló mellett a magyar tenyésztésben kevés szerepet kapó sportló a Ramzes III–80 Randi is helyett kapott, ami bizonyítja a hazai tenyésztésben rejlő lehetőséget. Ezt azért is fontos hangsúlyozni, mert a hazai tenyésztésű tenyészménektől származó lovak díjugrató szakágban való kipróbálása az utóbbi években messze elmarad az import tenyészménektől származó hazai tenyésztésű egyedekétől. Több hazai tenyésztésű tenyészméntől származó ivadék tesztelése lenne szükséges a mének szigorúbb szelekciójának, ezáltal a tenyésztésbeli előrelépésnek a megvalósulásához. A tenyésztésbeli előrelépés azoknak a tenyészállatoknak az előtérbe helyezésével valósulhat meg, amelyek becsült tenyésztékű mének legalább 2 szórásegységgel pozitív irányban meghaladják az átlagértéket. A mostani eredmények alapján elfogadható (legalább 0,7) megbízhatósági érték mellett nem becsültem 140-et meghaladó tenyésztékű méneket.

Tájékoztató jelleggel ismertetem (2–4 sz. mellékletek) a 0,6–0,69 megbízhatósági értékek mellett becsült tenyésztékű méneket is, mely eredmények előrejelzésként foghatók fel. A 2. sz. mellékletben a rontó hatású méneket, a 3. sz. mellékletben az átlagos, illetve az átlaghoz közeli, és 1 szórásegységet meg nem haladó tenyésztékű méneket, a 4. sz. mellékletben pedig az átlagot legalább 1 szórásegységgel meghaladó tenyésztékű mének adatait mutatom be.

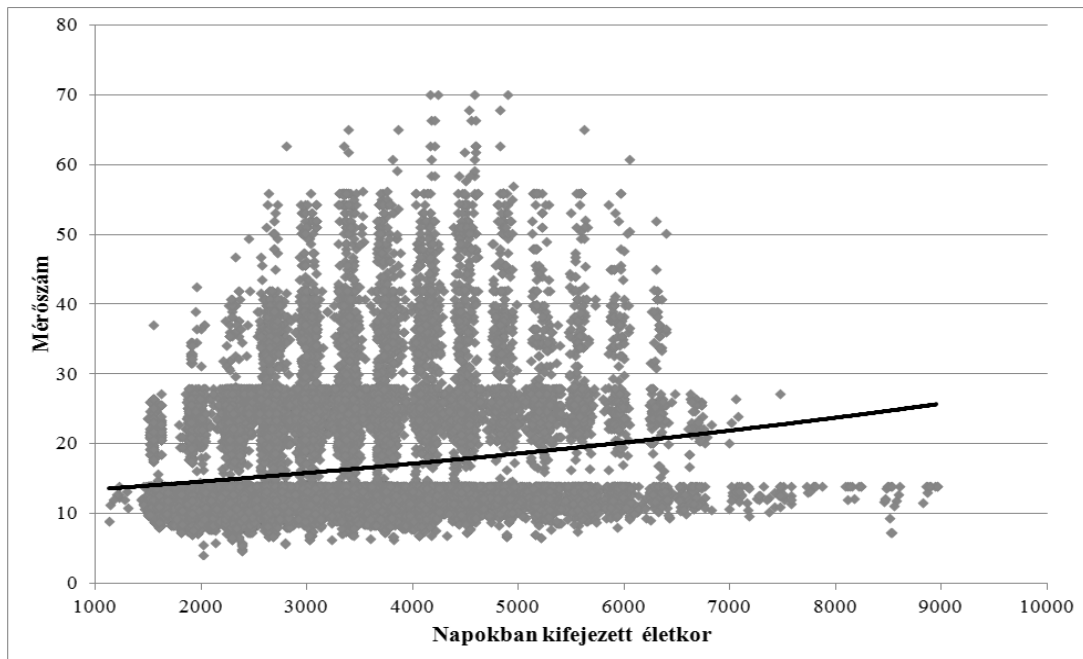
A 0,6–0,69 közötti megbízhatósági érték mellett becsült tenyésztékű méneket tekintve az átlagtól 2 szórásegységgel nagyobb tenyésztékű méneket 6 mén esetében eredményezett a

vizsgálat. Az átlagértéket legalább 1 szórás egységgel meghaladó (legalább 120-as) tenyésztésértékű 34 mén közül 9 magyar tenyésztésű (5 magyar sportló, 2 mezőhegyesi sportló, 1 magyar félvér, 1 kisbéri félvér). A megbízható (0,7 fölötti) és a tájékoztatásul közölt (0,6–0,69 megbízhatósági értékű) tenyésztésértékek közül a legnagyobb értéket elérő Cassini II és Cassini I édestestvérek (apa Capitol I, anya Wisma). A tenyészménenkénti ivadékszámokat az 5. sz. *melléklet* tartalmazza.

4.6. Sportversenyek eredményeinek értékelése random regresszióval

A 4.4 alfejezetben vizsgált I., II. és III. mérőszámokra különböző fokszámú Legendre polinomokat illesztettem. Megjegyzem, hogy az ezekre a mérőszámokra illesztett modellek a legjobban illeszkedők között szerepeltek, továbbá ezekre becsültem a legnagyobb örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket. A fokszámok egy és öt között változtak. A varianciakomponensek és a sajátértékek vizsgálata során mindhárom mérőszám esetében az elsőfokú Legendre polinom (LP 1) bizonyult a legjobban illeszkedőnek. A random regressziós modellnek az eredményei mindhárom mérőszámra hasonlóan alakultak, ezért a továbbiakban csak a kategóriával súlyozott négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra vonatkozó számításokat mutatom be.

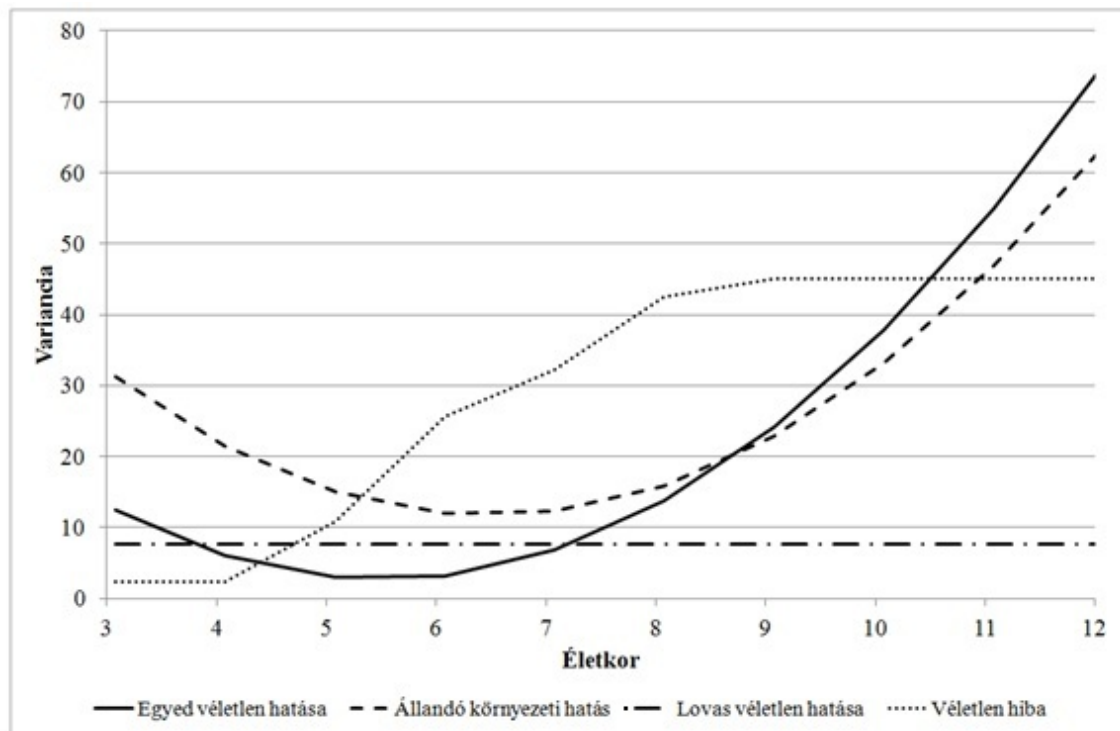
A négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszám napokban mért életkorra vonatkozó átlagait a 16. ábrán mutatom be. Az életkor előrehaladtával a teljesítményt értékelő pontszámok nőttek, az idősebb lovak átlagosan egyre nagyobb pontszámot értek el. Az átlagtól 2 szórás (szórásérték = 9,46) egységnyivel nagyobb pontszámot először 5 és fél éves korban, az átlagtól 3 illetve 4 szórás egységgel nagyobb pontszámot 7 és fél éves kortól mutattak a lovak. A legnagyobb pontszámokat, azaz a legjobb teljesítményt (átlagtól 5 szórás egységnyivel több értékeket) 9 éves kortól 13,5 éves korig érték el a lovak, összhangban a külföldi szakirodalommal.



16. ábra: A négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszám és az életkor kapcsolata

A 17. ábrán a vizsgált mérőszám alapján becsült varianciákat, a 18. ábrán pedig az egyes varianciahányadokat ábrázolom az életkor függvényében. Az additív genetikai variancia mértéke az életkor elején csökkent (17. ábra). A legkisebb genetikai varianciát az öt- és hatéves korban értékelt sporteredményekre becsültem. Későbbi életkorban a genetikai variancia folyamatosan nőtt, tehát egyre inkább megmutatkozott a lovak közötti genetikai képesség különbsége. A lovas véletlen hatására homogén varianciát becsültem, mértéke 7,63 volt. Az állandó környezeti hatás varianciája 6 éves korig csökkent, és 6–7 éves korban volt a legkisebb. Ez indokolható azzal is, hogy egy 4–5 éves korban sportba kerülő, sportpályafutását kezdő ló, 1–2 év alatt tapasztalatot szerez a legkönnyebb szintű versenyeken, a trenírozásnak köszönhetően pedig fejlődik, kitapasztalja a versenyek környezeti hatásait, kevésbé reagál a különféle ingerekre, ezáltal a környezeti hatás variabilitása csökken. Az állandó környezeti hatás varianciája 7 éves kortól folyamatosan nőtt, amire utalhat az is, hogy az egyre nehezedő kategóriákban nagyobb változékonyság tapasztalható a lovakat ért addigi ingerekben (tapasztalat, felkészültség, egészségi állapot). A hiba varianciáját az évben kifejezett életkor szerinti korcsoportokra számítottam. A hibavariancia értéke is folyamatosan nőtt az értékelt korcsoportok között, 9 éves kortól már változatlan maradt, állandó értéket vett fel. Ez mindenképpen arra utal, hogy az életkor előrehaladtával a lovak sportteljesítménye közötti különbségeket egyre inkább olyan összetevők is

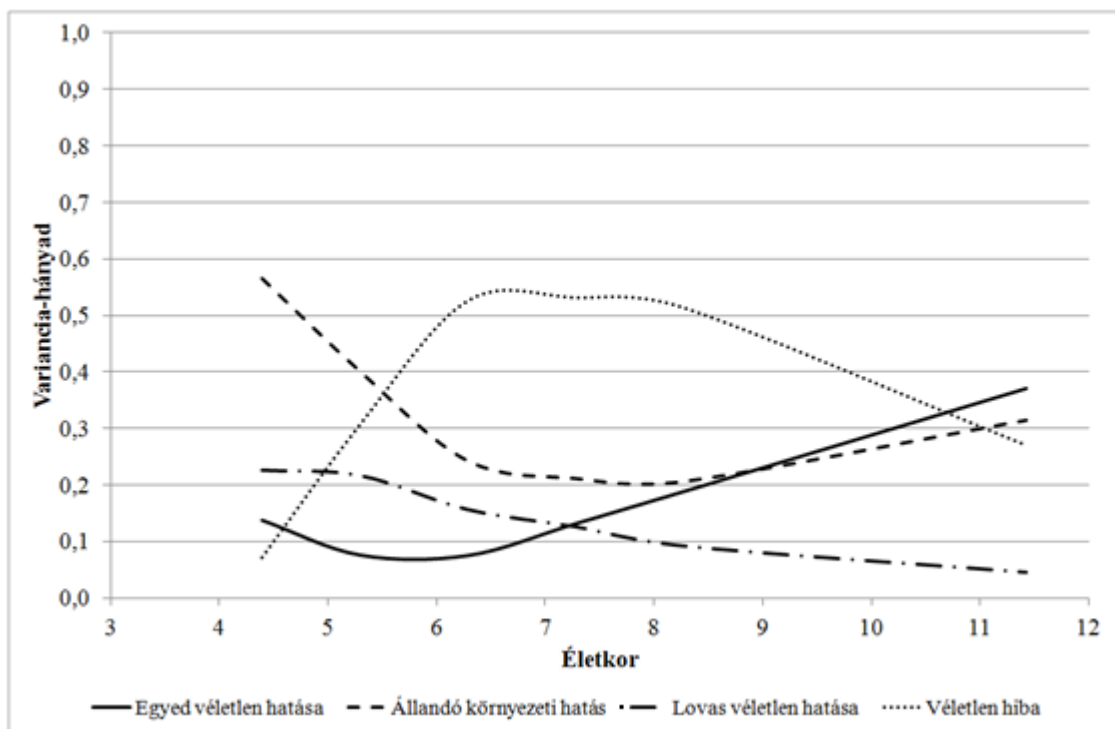
befolyásolják (pl. menedzselés, felkészítés), amelyekre a mostani vizsgálatunk nem terjedhetett ki.



17. ábra: A random regressziós modell (LP 1) négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra becsült varianciái az életkor függvényében

Az örökölhetőségi érték 6 éves kortól folyamatosan nőtt, értéke $h^2 = 0,08$ és $0,37$ között változott (18. ábra). A lovak 7,5 éves korától az örökölhetőségi érték meghaladta a lovasra becsült varianciarányát, azaz ettől a kortól kezdve az egyed hatása a saját teljesítményére nagyobb volt, mint a lovas hatása. Az állandó környezeti hatásra becsült varianciarányát 9,5 éves kor körül lépte túl az egyed véletlen hatásának varianciarányada, azaz ettől az életkortól a lónak, mint egyednek már nagyobb szerepe volt a teljesítmény kimenetelében, mint az állandó környezeti hatásnak. Az örökölhetőségi érték a hibára becsült varianciarányát, a lovak 11 éves kora körül haladta meg. Az egyre idősödő korosztályokban egyre nagyobb örökölhetőségi értékeket becsültem. A lovas véletlen hatásának a teljes fenotípusos variancián belüli aránya ezzel ellentétben, kis mértékben, de folyamatosan csökkent. Vagyis minél magasabb szinten teljesít a ló a díjugrató szakágban, teljesítményét annál inkább a genotípus határozhatja meg és arra egyre kevesebb hatása van a lovasnak, persze egy adott lovas képzettségi szint felett! Az állandó környezeti hatás varianciarányada 7–8

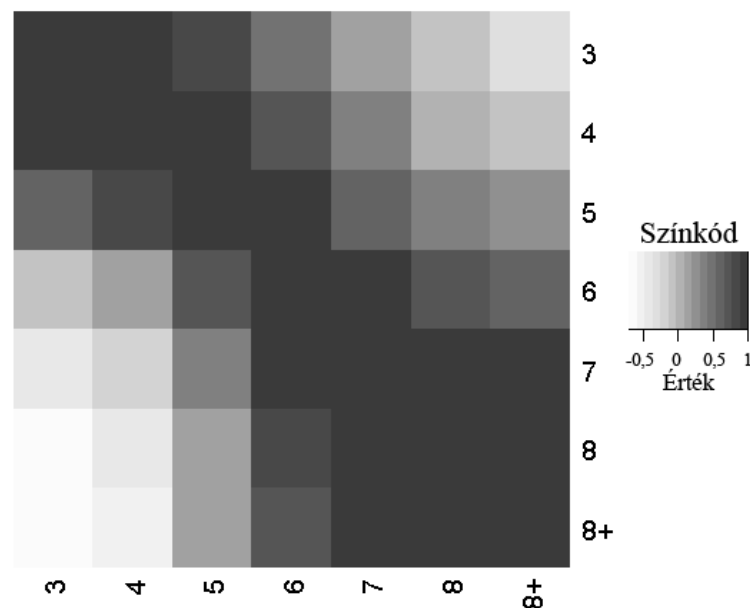
éves korban volt a legkisebb, míg a véletlen hibára becsült varianciarányadok épp ebben az életkorban voltak a legnagyobbak. Ezekben a korosztályokban tapasztaltam leginkább, hogy a teljesítményt olyan tényezők befolyásolják, amelyeket nem tudtam figyelembe venni (nem volt információ) a teljesítményt leíró modellben. A véletlen hiba varianciarányada 8 éves kortól csökkent, míg az állandó környezeti hatásra becsült varianciarányada épp ekkortól kezdve újra nőtt. Tehát a tapasztaltabb 8 éves korosztálytól egyre inkább megfoghatóbbá (definiálhatóbbá) válnak a teljesítményt befolyásoló tényezők a hiba varianciarányadának csökkenésével; az állandó környezeti hatás szerepe (edzettség, egészségi állapot) megnő a sportbeli eredmény kimenetelében, a csúcsteljesítmény megmutathatóságában.



18. ábra: A random regressziós modell (LP 1) négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra becsült varianciarányadai az életkor függvényében

A 19. ábrán mutatom be a különböző életkorokban nyújtott teljesítmények közötti fenotípusos és genetikai korrelációkat. A -1 -től $+1$ -ig terjedő skálán a negatív korrelációt a színskála szerinti egyre világosabb, míg a pozitív korrelációt a sötétebb árnyalatok jelentik. A szomszédos korcsoportok között igen szoros genetikai és fenotípusos korreláció figyelhető meg. Az egyes korcsoportok közötti genetikai és fenotípusos korreláció az életkor előrehaladtával folyamatosan csökkent. A korai

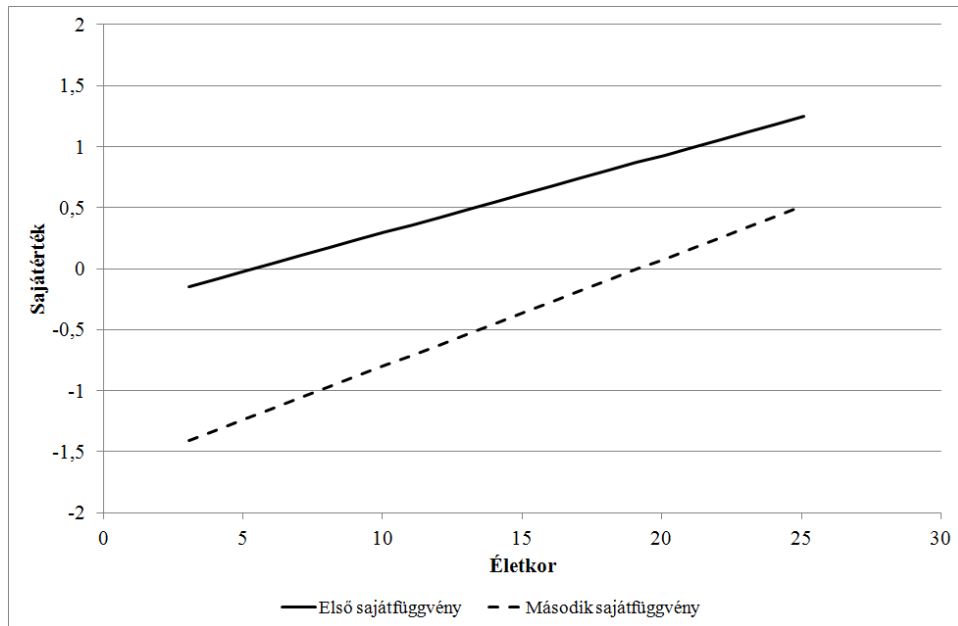
életkorban és a vizsgált időszak utolsó harmadában mutatott teljesítmények között negatív genetikai korreláció figyelhető meg. A genetikai korreláció értékeihez hasonlóan a korai és késői életkorból származó sporteredmények közötti fenotípusos korreláció értéke is laza összefüggést mutat. Megjegyzem, a kor előrehaladtával a ló képzettségi szintje javul. Egy pályafutását fiatalon, 4–5 éves korban, bár gyengébb teljesítménnyel kezdő sportló egyáltalán nem selejtezésre való, a későbbi sportteljesítményre a 7–8 éves életkorban nyújtott teljesítmény alapján következtethetünk nagyobb biztonsággal. A 7–8 éves korban nyújtott teljesítmény nagyon szoros korrelációban áll az ennél idősebb korban nyújtott teljesítménnyel, míg a 6 éves korban nyújtott teljesítmény közepes korrelációs értéket mutat. Ugyanez igaz a becsült genetikai korrelációs értékekre is.



19. ábra: A különböző életkorban elért sporteredmények közötti genetikai (átló fölött) és fenotípusos (átló alatt) korrelációk a négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra

Az első sajátfüggvény hatéves kortól pozitív (20. ábra), tehát a sportteljesítmény alapján történő eredményes kiválasztáshoz szükséges mennyiségű sporteredmény összegyűjtéséhez legalább két év versenyzési idő szükséges egy pályafutását 4 évesen kezdő ló esetében, a jelenlegi versenyzetési gyakorlat szerint. Az első sajátérték a teljes variancia 99%–át magyarázza. A sajátértékek megmutatják, hogy a hozzájuk tartozó sajátvektor a teljes variancia hány százalékát magyarázza (KINGSOLVER és mtsai, 2001). A nagy sajátérték a genetikai variancia nagyobb arányára utal, ami

szelekcióval könnyen fejleszthető (BERMEJO és mtsai, 2003). A második sajátfüggvény a variancia mindössze 1%-áért felelős, ami nem teszi indokolttá magasabb rendű polinomok felhasználását az elemzés során.



20. ábra: A random regressziós modellben (LP 1) a négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra az egyed véletlen hatásának sajátfüggvényei

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

5.1. Néhány leíró statisztikai adat a tenyésztékek megbízhatóságát befolyásoló tényezőkről

Az 1996–2011 díjugró szakági eredményeket értékelve arra a következtetésre jutottam, hogy a lovak rövid ideig tartó sportkarrierje mellett a kevés lovankénti startszám jellemző. Ez a tény a becsülhető tenyésztékek megbízhatóságát, valamint a szelekció szakmai megalapozottságát csökkenti. A lovak kétharmada (67%) legfeljebb 3 évet tölt el a sportban, ami egy fiatal korban kezdő sportlónak nem ad esélyt képessége, későbbi teljesítménye kibontakoztatására. A lovak egyharmada kevesebb, mint 1 évig volt aktív a díjugró szakágban. A hazai díjugrásban résztvevő lóállományt értékelve, a számított átlagos versenyzési idő 3,14 év volt. A rövid ideig tartó sportpályafutás mellett a lovankénti átlagos startszám is alacsony 31,59. A lóállomány 80%-a 50-nél kevesebb starttal fejezi be sportpályafutását. Javaslom a lovak sportban való kipróbálásának minél nagyobb arányát, hogy a lovankénti startok számának növelésével kiegyenlítettebb képet kaphassunk a lovak teljesítményéről. Az információ többlet a jövőbeni eredményeket is szolgálja, hogy azok még inkább elősegíthessék a sikeres tenyész kiválasztást és a tudatosabb tenyésztést.

5.2. A teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámok értékelése

A teljesítményt értékelő pontszámokra illesztett modellek közül jobbnak bizonyultak a nehézségi szinttel súlyozott mérőszámok modelljei, a nem súlyozott mérőszámok modelljeivel szemben. A kategória négyzetével való súlyozás várakozásainkkal ellentétben nem eredményezett sokkal jobban illeszkedő modellt. A verseny nehézségi szintjével súlyozott mérőszámokat tekintve, a négyzetgyök függvény és az inverz normális transzformációk jobb illeszkedést eredményeztek, mint a logaritmus függvény. A dobogós helyezéseken és a startok számán alapuló teljesítmény mérőszámokra illesztett modellek jósága mindegyik esetben nagyon alacsony értékeket eredményezett, így azok a teljesítmény értékelésére nem voltak alkalmasak.

További értékelésekre az alábbi mérőszámokat javaslom:

- $(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}$
- $(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}$
- $(\text{Blom} - \text{féle pontszám} + 3) * \text{kategória}$

A jövőbeni még jobb modellek alkalmazásának érdekében javaslom a díjugrató szakági versenyeken több olyan információ gyűjtését környezeti hatásokról, amelyek befolyásolják a ló teljesítményét. Bár az adatfelvétel, és információ többlet mindig költségtöbbletet von maga után és extra időt igényel, megéri, mert ez által a tudásba invesztálunk, megteremtve a jövőbeni kutatások alapjául szolgáló információkat.

5.3. Genetikai paraméterek becslése

Mindegyik tulajdonság esetén (a külföldi szakirodalommal egybevágóan) szignifikáns és kicsi (0,02–0,07) örökölhetőségi értékeket, továbbá szignifikáns és kis, illetve közepes ismételhetőségi értékeket (0,08–0,25) becsültem. A kicsi örökölhetőségi és ismételhetőségi értékek oka lehet egyrészt a tenyészménenkénti kevés sportban teljesítő ivadék, a lovankénti kevés startszám, információhiány oldalági rokonok teljesítményéről, valamint a ló teljesítményét nagyon is befolyásoló nem konkrét környezeti tényezők jelenléte.

A nehézségi szinttel súlyozott tulajdonságokra nagyobb örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket becsültem, több mint kétszeres értéket eredményeztek a nem súlyozott mérőszámokra becsült értékeknél. A nehézségi szint, mint súlyzófaktor nem csak, hogy jobban illeszkedő modellt eredményezett, hanem növelte az örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket is. Tehát a verseny kategóriát érdemes súlyozásra használni, ahelyett, hogy a modellbe – fix hatásként – építenénk be.

5.4. Különböző nehézségi szinteken nyújtott teljesítmény értékelése

Az első négy nehézségi kategóriában nyújtott teljesítmények közötti genetikai korrelációk a logaritmikus és a négyzetgyök transzformációval nyert mérőszámok esetében közepesek és szorosak voltak ($r_g=0,48-1,00$). Szignifikáns ($P<0,05$) genetikai korrelációs értékeket az első három nehézségi szint között becsültem. A Blom normalizálással képzett mérőszám alapján szoros genetikai korrelációs értékeket becsültem, és ez esetben mind a négy nehézségi szint között becsült genetikai

korrelációs értékek szignifikánsnak ($P < 0,05$) bizonyultak. A nehézségi szintek közötti távolság növekedésével a korrelációs értékek minden mérőszám esetében csökkentek. A legnehezebb 5. nehézségi kategóriának a többi kategóriával való összehasonlítása a kevés elemszám miatt nem adott értelmezhető eredményeket, így azok bemutatásától eltekintettem.

A fenotípusos korrelációk mindhárom mérőszám esetében laza ($r_f = 0,07-0,22$) összefüggést mutattak az egyes nehézségi szinteken nyújtott teljesítmények között. A nehézségi szintek közötti távolság növekedésével a fenotípusos korrelációk értékei is csökkentek.

A két legkönnyebb, az 1-es és 2-es, valamint 2-es és 3-as nehézségi szintek között becsült szoros genetikai korrelációs értékek alapján javasolható a két tulajdonságot egyként kezelni, azaz összevonni az 1-es és 2-es, vagy a 2-es és 3-as kategóriákat.

5.5. Tenyésztési értékek bemutatása

A három különböző transzformációval átalakított helyezések alapján becsült tenyésztési értékek között nagyon szoros ($r = 0,97 - 0,99$) rangkorrelációs értéket számítottam, tehát a három mérőszám esetében a mének sorrendje szinte azonos. A mének sorrendjét ún. tenyésztési stabilitási mutatóval vizsgálva, $0,78 - 0,88$ stabilitási értékeket eredményezett a három transzformáció típus. A legjobban illeszkedő mérőszám alapján, a vizsgálatban résztvevő 2350 tenyészmén közül 35 mén esetében becsülhettem legalább $0,7$ megbízhatóságú tenyésztési értéket. A legkisebb ivadékszám e tenyészmének esetében 27 volt. Az átlagtól legalább 1 szórásegységgel nagyobb (legalább 120 -as) tenyésztési értéket 12 mén esetében becsültem. Ezek közül 7 mén holsteini, 3 magyar sportló, 1 magyar félvér és 1 holland félvér fajtájú, melyek ivadékszám 34 és 156 között változott. A legjobb 3 mén között a két holsteini ló mellett egy magyar sportló Ramzes III-80 Randi is helyett kapott, ami a díjugrató szakágra vetítve bizonyítja a magyar tenyésztésben lévő lehetőséget. Ezt azért is fontos hangsúlyozni, mert az utóbbi években az import tenyészménektől származó egyedeket részesítik előnyben a díjugrató szakágban való kipróbálást illetően, a hazai tenyésztésű tenyészménektől származó ivadékok helyett. Javasolom több hazai tenyésztésű tenyészméntől származó ivadék tesztelését a sportban a mének szigorúbb szelekciójának, ezáltal a tenyésztésbeli előrelépésnek a megvalósulásához.

5.6. Sportversenyek eredményeinek értékelése random regresszióval

A varianciakomponensek és a sajátértékek vizsgálata során mindhárom mérőszám esetében az elsőfokú Legendre polinom (LP 1) bizonyult a legjobban illeszkedőnek. Az életkor előrehaladtával a teljesítményt értékelő pontszámok nőttek, az idősebb lovak átlagosan egyre nagyobb pontszámot értek el. A legjobb teljesítményt 9 és 13,5 éves kor között érték el a lovak. Hat éves kor után a genetikai variancia folyamatosan nőtt, tehát egyre inkább megmutatkozott a lovak közötti genetikai képesség különbsége. Az állandó környezeti hatás varianciája 7 éves kortól folyamatosan nőtt, amire utalhat az is, hogy az egyre nehezedő versenyszámokban nagyobb változékonyság tapasztalható a lovakat ért addigi ingerekben (tapasztalat, felkészültség, egészségi állapot). A hibavariancia 9 éves kortól már változatlan maradt, állandó értéket vett fel. Ez mindenképpen arra utal, hogy az életkor előrehaladtával a lovak sportteljesítménye közötti különbségeket egyre inkább olyan összetevők is befolyásolják (pl. menedzselés, felkészítés), amelyekre a mostani vizsgálat nem terjedhetett ki.

Az örökölhetőségi érték 6 éves kortól folyamatosan nőtt, értéke $h^2 = 0,08$ és $0,37$ között változott. A lovak 7,5 éves korától kezdve az egyed hatása a saját teljesítményére nagyobb volt, mint a lovas hatása. Az egyednek 9,5 éves korától nagyobb szerepe volt a teljesítmény kimenetelében, mint az állandó környezeti hatásnak. Minél magasabb szinten teljesített egy ló a díjugrató szakágban, teljesítményét annál inkább a genotípus határozta meg és arra egyre kevesebb hatása volt a lovasnak. A tapasztaltabb 8 éves korosztálytól egyre inkább megfoghatóbbá válnak a teljesítményt befolyásoló tényezők a hiba varianciahányadának csökkenésével; az állandó környezeti hatás szerepe (edzettség, egészségi állapot) megnő a sportbeli eredmény kimenetelében, a csúcsteljesítmény megmutathatóságában.

A szomszédos korcsoportok között igen szoros genetikai és fenotípusos korreláció figyelhető meg. Az egyes korcsoportok közötti genetikai és fenotípusos korreláció az életkor előrehaladtával folyamatosan csökkent. A 7–8 éves korban nyújtott teljesítmény nagyon szoros korrelációban áll az ennél idősebb korban nyújtott teljesítménnyel, míg a 6 éves korban nyújtott teljesítmény közepes korrelációs értéket mutat. Ugyanez igaz a becsült genetikai korrelációs értékekre is. A sportteljesítmény alapján történő eredményes kiválasztáshoz legalább két év versenyzési idő szükséges egy sportpályafutását 4 évesen kezdő sportló esetében, a jelenlegi versenyeztetési gyakorlat szerint.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A dolgozatomban elvégzett elemzések eredményeiből az alábbi új tudományos eredmények állapíthatók meg:

- I. A hazai 1996–2011 közötti díjugratás szakági eredményeket értékelve az elért helyezések négyzetgyök és logaritmus függvényrel való transzformációja alkalmas mérőszámok a Blom-féle pontszámok mellett a teljesítmény mérésére.
- II. A verseny nehézségi szintjét érdemes súlyzófaktoroként használni a teljesítményt értékelő mérőszám számításában, ahelyett, hogy a modellben – fix hatásként tekintve – vennénk figyelembe.
- III. Az 1996–2011 közötti időtartamban fellelhető díjugrató szakági sporteredményekre szignifikáns és kicsi ($h^2 = 0,02-0,07$) örökölhetőségi értékeket, továbbá szignifikáns és kicsi, illetve közepes ismételhetségi értékeket ($R = 0,08-0,25$) becsültem.
- IV. A két legkönnyebb, az 1-es és 2-es, valamint 2-es és 3-as nehézségi szintű versenyek eredményei összevonhatók, ugyanazon tulajdonságként kezelhetők. A 7–8 éves korban nyújtott teljesítmény nagyon szoros korrelációban áll az ennél idősebb korban nyújtott teljesítménnyel. A sportteljesítmény alapján történő eredményes kiválasztáshoz legalább két év versenyzési idő szükséges egy sportpályafutását 4 évesen kezdő sportló esetében.

7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

- I. A Magyar Sportlótenyésztők Országos Egyesülete, mint fajtafenntartó a tenyésztési programjában hasznosíthatja a kapott eredményeket. A díjugratás szakági versenyeken nyújtott ivadékteljesítmény alapján becsült mének tenyészértékei útmutatást nyújtanak a jobb mének kiválasztásában, és különösen azok megbecsülésében. A külföldi tenyésztésű tenyészmentől származó ivadékok helyett több hazai tenyésztésű tenyészmentől származó ivadékokat kellene tesztelni a sportban, hogy több magyar fajtájú tenyészmentről nyerhessünk megbízható információt. A kutatási eredmények az ex situ génmegőrzésre is adnak javaslatot.

- II. A 7–8 éves korban nyújtott teljesítmény alapján nagyobb biztonsággal következtethetünk a későbbi életkorban nyújtott teljesítményre, a becsült szoros korrelációs értékek alapján, míg a 6 éves korban nyújtott teljesítmény még nem alkalmas a jövőbeni teljesítmény előrejelzésére. A sportteljesítmény alapján történő eredményes kiválasztáshoz legalább két év versenyzési idő szükséges egy sportpályafutását 4 évesen kezdő sportló esetében a jelenlegi versenyeztetési gyakorlat szerint.

- III. A díjugrató szakági teljesítmény mérésére és értékelésére alkalmasak a kutatásban vizsgált ismételhetőségi egyedmodellek és random regressziós modellek. A gyakorlatban a random regressziós modellek alkalmazását javaslom, ugyanis ezekkel a modellekkel jobban érzékeltethetők az egyedek közötti genetikai különbségek.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Ma már a hazai sportlótenyésztés is növekvő érdeklődéssel fordul a tudományos kutatás felé, mert a tenyészcélhoz vezető szakmai út során alkalmazni kívánja annak eredményét. Ennek a folyamatnak egyik állomása a tenyészértékbecslés módszere, aminek alkalmazásával lehetővé válik az állatok előszelekciója, a tenyésztésre leginkább alkalmas állatok kiválasztása.

A sportlovak teljesítményének mérésére direkt és indirekt módszereket különböztetünk meg. A direkt módszerek a sportlovak esetében általában a lovassportokban nyújtott teljesítményen alapulnak, az egyed teljesítményét becsülik, az indirektek pedig a teljesítménnyel összefüggésben lévő jellemzőket mérik.

A dolgozat célkitűzései az alábbiakban foglalható össze:

- Az 1996–2011 közötti díjugrató szakági adatok összegyűjtése, és összeolvasztása egy adatbázissá, a versenyző lovak származási adatainak összegyűjtése.
- A hazai díjugrató szakágban versenyző sportlovak teljesítményének vizsgálata különböző matematikai mérőszámokkal, a megfelelő teljesítményt értékelő mérőszám kiválasztása.
- A legjobbaknak vélt értékmérő tulajdonságokra genetikai paraméterek becslése ismételhetségi egyedmodellel.
- Az eltérő nehézségi szinteken nyújtott teljesítmények közötti korreláció számítása.
- Tenyészértékbecslés a legjobbnak vélt teljesítmény mérőszámra. A díjugrató szakági eredmények értékelése random regresszióval.

A vizsgálatok alapjául szolgáló adatokat a Magyar Lovassport Szövetség Díjugrató Szakága bocsátotta rendelkezésemre. Az adatok az 1996 és 2011 közötti díjugratás szakági versenyek sporteredményét tartalmazták. A versenyszámok között Magyarországon rendezett versenyek eredményei, illetve magyar lovasok külföldi eredményei is szerepeltek.

A származási adatok összegyűjtésében az Országos Lótenyésztési Információs Rendszer (OLIR), a Magyar Lótenyésztők Országos Szövetsége, sportlónyilvántartások és származási lapok nyújtottak segítséget.

A díjugratási teljesítmény mérésére alkalmazott mérőszámokban az elért helyezéseket, a versenyen indulók számát és a verseny nehézségi szintjét vettem alapul, melyeket különböző elemi függvényekkel alakítottam át. A pontszámokat súlyoztam a verseny nehézségi szintjével, így nagyobb értékek között mozgó mérőszámot kaptam, amellyel jobban érzékeltethető a versenyszintek közötti különbség. A mérőszámokra ismételhetőségi egyedmodellt illesztettem. Az egyedmodellben figyelembe vett fix és véletlen hatások szignifikancia vizsgálatát a SAS PROC GLM eljárással végeztem el. Az egyes modellekben mindegyik hatás szignifikánsnak bizonyult, tehát a modellekben való figyelembe vételük indokolt. Mindegyik transzformáció típusnál elmondható, hogy a nehézségi szinttel súlyozott mérőszámokra illesztett modellek jobbnak bizonyultak a súlyozatlan mérőszámokkal szemben. A verseny nehézségi szintjével súlyozott mérőszámokat tekintve, a négyzetgyök függvény és az inverz normális transzformációk jobb illeszkedést eredményeztek a logaritmus függvénnyel transzformált eseteknél. A vizsgált 34 teljesítményt értékélő mérőszám közül az egyes transzformáció típusokból 3–3-at megtartva, összesen 9 mérőszámot vontam be a további vizsgálatokba.

A teljesítmény értékelésekor variancia komponenseket (additív genetikai varianciát, állandó környezeti varianciát, lovas varianciáját és hibavarianciát), valamint örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket becsültem REML módszerrel, a VCE-6 szoftver alkalmazásával. Mindegyik tulajdonság esetén szignifikáns és kicsi (0,02–0,07) örökölhetőségi értékeket, továbbá szignifikáns és kicsi, illetve közepes ismételhetőségi értékeket (0,08–0,25) becsültem, a külföldi szakirodalomhoz hasonlóan. A nehézségi szinttel súlyozott tulajdonságokra nagyobb örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket becsültem. Összességében a nehézségi szint, mint súlyozó tényező nem csak, hogy jobban illeszkedő modellt eredményezett, hanem növelte az örökölhetőségi és ismételhetőségi értékeket is.

Az eltérő nehézségű versenyszinteken nyújtott teljesítmény között genetikai és fenotípusos korrelációkat becsültem. Az első négy nehézségi csoportban nyújtott teljesítmények közötti genetikai korrelációk a logaritmikus és a négyzetgyök transzformációval kapott mérőszámok esetében közepesek és szorosak voltak ($r_g=0,48-1,00$), míg a Blom normalizálással képzett mérőszámra szoros genetikai korrelációs értékeket számítottam. A fenotípusos korrelációk mindhárom mérőszám esetében laza

($r_f=0,07-0,22$) összefüggést mutattak az egyes nehézségi szinteken nyújtott teljesítmények között. A kapott genetikai korrelációs értékek a négyzetgyökös és logaritmikus transzformációk esetében az első 3 nehézségi szint között bizonyultak szignifikánsnak ($P<0,05$), míg a Blom–féle transzformáció esetében mind a 4 nehézségi szint között szignifikáns ($P<0,05$) genetikai korrelációs értékeket becsültem. A nehézségi szintek közötti távolság növekedésével a fenotípusos és genetikai korrelációs értékek minden mérőszám esetében csökkentek. A legnehezebb 5. nehézségi kategóriának a többi kategóriával való összehasonlítása a kevés elemszám miatt nem adott értelmezhető eredményeket.

A tenyésztési értékek becslését a legjobb lineáris torzítatlan becslés (ismételhetőségi) egyedmodell (BLUP AM) módszerével végeztem a PEST szoftver felhasználásával. A három különböző módszerrel átalakított helyezések alapján becsült tenyésztési értékek között nagyon szoros ($r = 0,97 - 0,99$) rangkorrelációs értéket számítottam. A vizsgálatban résztvevő 2350 tenyészmén közül 35 mén esetében becsülhettem legalább 0,7 megbízhatóságú tenyésztési értéket. A mének közül a legkisebb ivadékszám 27 volt, ami mellett megbízható tenyésztési értéket becsülhettem.

A három legnagyobb és megbízható (legalább 0,7 megbízhatósági érték mellett becsült) tenyésztési értékű mén között, két holsteini ló mellett egy magyar sportló Ramzes III–80 Randi is helyett kapott, ami bizonyítja a hazai tenyésztésben rejlő lehetőséget. Ezt azért is fontos hangsúlyozni, mert a hazai tenyésztésű tenyészménektől származó lovak díjugrató szakágban való kipróbálása az utóbbi években messze elmarad az import tenyészménektől származó hazai tenyésztésű egyedekétől. Több hazai tenyésztésű tenyészméntől származó ivadék tesztelése lenne szükséges a mének szigorúbb szelekciójának, ezáltal a tenyésztésbeli előrelépésnek a megvalósulásához. A tenyésztésbeli előrelépés azoknak a tenyészállatoknak az előtérbe helyezésével valósulhat meg, amelyek becsült tenyésztési értéke legalább 2 szórásegységgel pozitív irányban meghaladja az átlagértéket. A mostani eredmények alapján elfogadható (legalább 0,7) megbízhatósági érték mellett nem becsültem 140–et meghaladó tenyésztési értéket. A tájékoztatásul közölt 0,6 – 0,69 megbízhatósági értékek mellett becsült tenyésztési értékű mének közül 6 esetben számítottam 140–es érték fölötti tenyésztési értéket.

A random regressziós vizsgálatokban a legkedvezőbb három mérőszámra (Blom módszerrel normalizált és a kategóriával súlyozott helyezések, valamint a négyzetgyök és a 2-es alapú logaritmus függvénnyel transzformált és kategóriával súlyozott mérőszámokra) illeszttem random regressziós modellt. Az illesztéshez Legendre polinomot használtam.

A varianciakomponensek és a sajátértékek vizsgálata során mindhárom mérőszám esetében az elsőfokú Legendre polinom (LP 1) bizonyult a legjobban illeszkedőnek. Az életkor előrehaladtával a teljesítményt értékelő pontszámok nőttek, a legjobb teljesítményt 9 és 13,5 éves kor között érték el a lovak. Hat éves kor után a genetikai variancia folyamatosan nőtt, vagyis egyre inkább megmutatkozott a lovak közötti genetikai képesség különbsége. Az örökölhetőségi érték 6 éves kortól folyamatosan nőtt, értéke $h^2 = 0,08$ és $0,37$ között változott. A lovak 7,5 éves korától kezdve az egyed hatása a saját teljesítményére nagyobb volt, mint a lovas hatása. Az egyednek 9,5 éves korától nagyobb szerepe volt a teljesítmény kimenetelében, mint az állandó környezeti hatásnak. Minél magasabb szinten teljesített egy ló a díjugrató szakágban, teljesítményét annál inkább a genotípus határozta meg és arra egyre kevesebb hatása volt a lovasnak.

A szomszédos korcsoportok között igen szoros genetikai és fenotípusos korreláció figyelhető meg. Az egyes korcsoportok közötti genetikai és fenotípusos korreláció az életkor előrehaladtával folyamatosan csökkent. A 7–8 éves korban nyújtott teljesítmény nagyon szoros korrelációban áll az ennél idősebb korban nyújtott teljesítménnyel, míg a 6 éves korban nyújtott teljesítmény közepes korrelációs értéket mutat. Ugyanez igaz a becsült genetikai korrelációs értékekre is. Az első sajátfüggvény hatéves kortól pozitív, tehát a sportteljesítmény alapján történő eredményes kiválasztáshoz legalább két év versenyzési idő szükséges egy sportkarrierjét 4 évesen kezdő ugróló esetében, a jelenlegi versenyeztetési gyakorlat szerint.

9. SUMMARY

Today the Hungarian sporthorse breeders turn their attention to the methods of scientific research, because they intend to apply the results to reach their breeding goals. One element of this process is the method of breeding value estimation, which will allow the preselection of animals and choosing the most suitable, the best breeding animals.

There are 2 different methods to measure the performance of sporthorses, direct and indirect ones. Direct methods are usually based on the individual competition performance of sport horses, while the indirect methods measure traits in relation to the performance.

The aims of the dissertation were the following:

- To get and merge Hungarian show jumping competition data from the period between 1996 and 2011, and collect pedigree information of the competing horses.
- To analyse and compare the performance of Hungarian showjumping horses with different transformed measurement variables, and to choose the best ones from them.
- To estimate genetic parameters based on the best performance measurement variables with repeatability animal model.
- To estimate genetic and phenotypic correlation between the different competition levels.
- To estimate breeding value of horses based on the best performance measurement variable. To evaluate the Hungarian show jumping competition data with random regression models.

The Hungarian showjumping data from period 1996–2011 were provided by the Association of Hungarian Sporthorse Breeders. Hungarian and international competitions were also included in the data. Riders competed with horses having Hungarian sport horse ID were included among the results.

The National Horse Breeding Information System (OLIR) and the Hungarian Horse Breeders Association supported us to collect the pedigree information.

To measure the performance of show jumping horses, ranks, the number of starters and competition level were transformed with different elementary functions. The scores

were weighted by the competition level to get a wider range of interval, this method can present the difference between the competition levels in better way. Repeatability animal model was fitted to these performance measurement variables. Analysis of fixed and random effects in the model was performed with SAS PROC GLM procedure. Each effect included in the models was significant, so all of them were taken into account in the models applied afterwards. The competition level weighted measurement variables were fitted better than the non-weighted measurement variables in case of each transformation. Use of the square root function and the inverse normal transformation resulted in a better fit, then the logarithm transformed cases regarding the level weighted measurement variables.

Among the 34 analyzed performance measurement variables 3–3 were chosen from each type of transformation, so in total 9 variables were included in further examinations.

Variance components (additive genetic variance, permanent environmental variance, rider variance and error variance) and heritability and repeatability values were estimated by using REML method with the VCE-6 software. For each performance measurement variable significant and low (0.02–0.07) heritability values, and significant and low and moderate repeatability values (0.08 to 0.25) were estimated, similar to the foreign literature. Greater heritability and repeatability values were estimated based on the level weighted measurement variables. Overall, the competition level, as a weighting factor resulted in a better fit model, and increased the heritability and repeatability values.

Genetic and phenotypic correlations were estimated between different difficulty levels of competition. Moderate and high ($r_g = 0.48$ to 1.00) genetic correlations were estimated between performance on the first four groups using the logarithmic and square root transformations. In these cases the genetic correlation values were significant ($P < 0.05$) between the first 3 competition levels. In case of the Blom method strong and significant ($P < 0.05$) genetic correlation values were calculated between the first 4 levels. The phenotypic correlations for all three type of transformation showed low ($r_f = 0.07$ to 0.22) value between the competition levels. Phenotypic and genetic correlation values decreased with increasing distance between the competition levels.

Breeding value estimation was carried out with the BLUP repeatability animal model using the PEST software. Between the estimated breeding values based on transformed performance measurement variables, high ($r = 0.97 - 0.99$) rank correlation values were

calculated, order of sires can be considered to be the same hereby. Among the 2350 sires we could estimate reliable (having at least 0.7 reliability value) heritability value only in case of 35 sires. The smallest number of progenies was 27, which resulted reliable breeding value. Among the three best stallions which have the highest breeding value were two Holsteiner and one Hungarian Sport Horse (Ramzes III–80 Randi). This fact proves the possibility of Hungarian sport horse breeding. It is important to emphasize that rate of testing homebred progenies sired by Hungarian breeding stallions is very low in show jumping competitions compared to ratio of progenies from import sires in recent years. More homebred progeny from Hungarian breeding stallions should be tested in show jumping competition to become more progressive the selection and the breeding scheme. Breeders should focus on those animals whose breeding values exceeds the average value for at least two standard deviation units in a positive direction.

We could not estimate breeding value exceeding 140 having at least 0.7 reliability value. Among the estimated breeding values with 0.6–0.69 reliability values, there were 6 sires having more than 140 breeding value.

Random regression model with Legendre polynomial was fitted for the best 3 performance measurement variables, namely the weighted square root, weighted base 2 logarithm and weighted Blom scores. The first degree Legendre polynomial LP (1) proved to be the best-fitting. Performance scores were higher with the increasing age, the best performance was reached between 9 and 13.5 years of age. From six years old the genetic variance has steadily increased, that is increasingly reflected in the difference between the genetic potential of the horses. Heritability value from six years of age has increased steadily, h^2 varied between 0.08–0.37. From 7.5 years old the effect of the animal on its performance was greater than the effect of rider. From 9.5 years of age, the horse has a greater effect on its performance than the permanent environmental effect. In show jumping disciplines performance with increasing competition level was affected more by the genotype and rider had less effect.

Very strong genetic and phenotypic correlation were calculated between neighboring age groups. Genetic and phenotypic correlation values between the age groups decreased steadily with increasing age. The performance at 7–8 years old was very strongly correlated with performance in the older ages, while the performance at age 6 shows moderate correlation with the later performance. Genetic correlation values was similar to this. The first eigen function is positive from 6 years of age, so to become the

selection more effective based on sports performance, at least two years are necessary to compete in case of a show jumping horse starting its career at 4 years old.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. **ALBERTSDOTTÍR, E.** (2007): Genetic analysis of competition traits in Icelandic Horses. Licentiate thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. ISBN 978-91-576-7195-0. 24.
2. **ALDRIDGE, L. I. – KELLEHER, D. L. – REILLY, M. – BROPHY, P. O.** (2000): Estimation of the genetic correlation between performances at different levels of show jumping competition in Ireland. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 117. 65–72.
3. **ALLISON, D. B. – NEALE, M. C. – ZANNOLLI, R. Z. – SCHORK, N. J. – AMOS C. I. – BLANGERO J.** (1999): Testing robustness of the likelihood ratio test in a variance–component quantitative trait loci (QTL) mapping procedure. *American Journal of Human Genetics*. 65. 531–544.
4. **AMANN, R. P.** (2005): Weaknesses in reports of “fertility” for horses and other species. *Theriogenology*. 63. 698–715.
5. **ÅRNASON, TH.** (2006): Survival Analysis of the length of competition life of Standardbred trotters in Sweden. Book of Abstracts of the 57th Ann. Meeting of the EAAP 17–20 September. Antalya, Turkey. H36.6 350.
6. **ÅRNASON, TH.** (2007): Prediction of genotype probabilities at eight coat colour loci in the Icelandic horse in mate selection. Book of Abstracts of the 58th Ann. Meeting of the EAAP. 26–29 August. Dublin, Ireland. 155.
7. **ÅRNASON, TH – RICARD, A.** (2001): Methods for international genetic evaluation of sport horses. 52nd Ann. Meet. EAAP, 26–29 September, Budapest, Hungary.
8. **BADE, B. – GLODEK, P. – SCHORMAN, H.** (1975): Die Entwicklung von Selektionskriterien für die Reitpferdezucht. II. Genetische Parameter für Kriterien der Nachkommenprüfung von Hengsten im Feld. *Züchtungskunde*. 47. 154–163.
9. **BAILEY, E. – BROOKS, S. A.** (2013): *Horse genetics*, 2nd edition. CAB International. ISBN: 978-1-84593-675-4.
10. **BARON, E. E. – MARTINEZ, M.L. – VERNEQUE, R. S. – COUTINHO, L.L.** (2002): Parentage testing and effect of misidentification on the estimation of breeding value in Gir cattle. *Genetics and Molecular Biology*. 25.4. 389–394.

11. **BEASLEY, T. M. – ERICKSON, S. – ALLISON, D. B.** (2009): Rank-based inverse normal transformations are increasingly used, but are they merited? *Behavior Genetics*. 39. 580–595.
12. **BERMEJO, L. – ROEHE, R. – RAVE, G. – KALM, E.** (2003): Comparison of linear and nonlinear functions and covariance structures to estimate feed intake pattern in growing pigs. *Livestock Production Science*. 82. 15–26.
13. **BERRY, W. D.** (1993): *Understanding Regression Assumptions*. Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences. 07–092. Newbury Park, CA: Sage. ISBN: 978–0–8039–4263–9
14. **BHATNAGAR, S. A.** (2010): Genetic parameters of foal inspection scores in the international sporthorse registry and Oldenburg Registry North America. MSc Thesis, Blacksburg, Virginia 2010. 83.
15. **BIGNARDI, A. B. – FARO, L. E. – CARDOSO, V. L. – MACHADO, P. F. – DE ALBUQUERQUE, L. G.** (2009): Random regression models to estimate test-day milk yield genetic parameters Holstein cows in Southeastern Brazil. *Livestock Science*. 123. 1–7.
16. **BLANC, G.** (2010): Genetic evaluation of sporthorses – new developments in science and practice. Interstallion seminar, 24th September, Uppsala, Sweden.
17. **BLOM, G.** (1958): *Statistical estimates and transformed beta-variables*. John Wiley. New York. 71.
18. **BODÓ I.** (1976): A teljesítmény örökölhetősége a lótenyésztésben. Kandidátusi értekezés. MTA, Budapest
19. **BODÓ I.** (1977): Genetikai vizsgálatok a magyar versenylóállományon. *Állattenyésztés*. 26. 5. 461–470.
20. **BODÓ I.** (1997): A teljesítmény mérésének lehetőségei a sportlótenyésztésben. DATE Állattenyésztési Napok IV., Nemzetközi Lótenyésztési Tanácskozás Debrecen. Augusztus 21–22. 68–79.
21. **BOKOR Á. – STEFLER J. – NAGY I.** (2006): Genetic parameters of racing merit of Thoroughbred horses in Hungary. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 10. 2. 153–157.
22. **BRAAM, A.** (2011): *Breeding for durable riding horses using competition statistics*. Licenciata thesis, Rapport / SLU, ISBN 978–91–576–9034–0

23. **BRAAM, A. – NASHOLM, A. – ROEPSTORFF, L. – PHILIPSSON, J.** (2009): Use of competition results for genetic evaluation of longevity in Swedish warmblood horses. Proc. of the 60th Ann. Meeting of the EAAP. 24–27 August. Barcelona, Spain. S19
24. **BRAAM, A. – NASHOLM, A. – ROEPSTORFF, L. – PHILIPSSON, J.** (2011): Genetic variation in durability of Swedish Warmblood horses using competition results. *Livestock Science*. 142. 181–187.
25. **BRADY, K.** (2010): Genetic evaluation of sporthorses – new developments in science and practice. Interstallion seminar, 24th September, Uppsala, Sweden.
26. **BROCKMANN, A. – BRUNS, E.** (2000): Schätzung genetischer Parameter für Merkmale aus Leistungsprüfungen für Pferde. *Züchtungskunde*. 72. 4–16.
27. **BROTHERSTONE, S.** (2010): Genetic evaluation of sporthorses – new developments in science and practice. Interstallion seminar, 24th September, Uppsala, Sweden
28. **BRUNS, E.** (1981): Estimation of the breeding value of stallions from the tournament performance of their offspring. *Livestock Production Science*. 8. 465–473.
29. **BRUNS, E. – RICARD, A. – KOENEN, E.P.C.** (2004) – Interstallion – on the way to an international genetic evaluation of sport horses. Book of Abstracts of the 55th Ann. Meeting of the EAAP. 5–9 September, Bled, Slovenia. 326.
30. **BRUNS, E. – SCHADE, W.** (1998): Genetic value of various performance test schemes of young riding horses. Proc. 6th World Congress Genetics Applied to Livestock Production. 11–16 January, Armidale, NSW, Australia 4.
31. **BUGISLAUS, A. E. – ROEHE, R. – KALM, E.** (2005): Comparison of two different statistical models considering individual races or racetracks for evaluation of German trotters. *Livestock Production Science*. 92. 69–76.
32. **BUGISLAUS, A. E. – ROEHE, R. – UPHAUS, H. – KALM, E.** (2004): Development of genetic models for estimation of racing performances in German thoroughbreds. *Archiv für Tierzucht*. 47. 505–516.
33. **BUGISLAUS, A. E. – ROEHE, R. – WILLMS, F. – KALM, E.** (2006): The use of a random regression model to account for change in racing speed

- of German trotters with increasing age. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 123. 239–246.
34. **BUXADERA, A. M. – MOTA, M. D. S.** (2008): Variance component estimation for race performance of throughbred horses in Brazil by random regression model. *Livestock Science*. 117. 298–307.
 35. **CHRISTMANN, L.** (1996): Zuchtwertschätzung für Merkmale der Stutbuchaufnahme und der Stutenleistungsprüfung im Zuchtgebiet Hannover. Ph.D. Dissertation. Georg–August Universität Göttingen, Göttingen. 116.
 36. **DOHY J.** (1999): Genetika állattenyésztőknek. Budapest, Mezőgazda Kiadó. 341. ISBN: 9789639239296.
 37. **DUBOIS, C. – RICARD, A.** (2007): Efficiency of past selection of the French Sport Horse: Selle Francais breed and suggestions for the future. *Livestock Science*. 112. 161–171.
 38. **DUCRO, B. J.** (2011): Relevance of test information in horse breeding. Ph.D. Dissertation. Wageningen University, Wageningen. 170.
 39. **DUCRO, B.J. – KOENEN, E.P.C. – TARTWIJK, J.M.F.M.V. – ARENDONK, J.A.M.** (2007a): Genetic relations of First Stallion Inspection traits with dressage and show–jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science*. 107. 81–85.
 40. **DUCRO, B.J. – KOENEN, E.P.C. – TARTWIJK, J.M.F.M.V. – BOVENHUIS, H.** (2007b): Genetic relations of movement and free–jumping traits with dressage and show–jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Production Science*. 107. 227–234.
 41. **DYSON, S.** (2000): Lameness and poor performance in the sports horse: dressage, show jumping and horse trials (eventing). *Proceedings of the Annual Convention of the AAEP*. 46. 308–315.
 42. **ESTANY, J. – VILLALBA, D. – TIBAU, J. – SOLER, J. – BABOT, D. – NOGUERA, J.L.** (2002): Correlated response to selection for litter size in pigs: I. Growth, fat deposition, and feeding behavior traits. *Journal of Animal Science*. 80. 2556–2565.
 43. **FARKAS J.** (2008): BLUP–ra alapozott komplex tenyésztéértébecslési modellek és összehasonlító vizsgálatuk a magyarországi sertésenyésztésben. Doktori (PhD) értekezés. Kaposvári Egyetem, Kaposvár. 191.

44. **FARKAS J. – KÖVÉR GY. – CSATÓ L.** (1999): A BLUP módszer alkalmazásának informatikai háttere a sertés tenyésztéértébecslésben. Agrárinformatika. Augusztus 26. Debrecen. 351–357.
45. **FORAN, M.K. – CROMIE, A. R. – REILLY, M. P. – KELLEHER, D. L. – BROPHY, P. O.** (1994): Analysis of show jumping data in the Irish sport horse population. 45th Ann. Meet. EAAP. 4th September. Edinburgh, Scotland, 5–7.
46. **FORAN, M.K. – REILLY, M.P. – KELLECHER, D.L. – LANGAN, K.W. – BROPHY, P.O.** (1995): Genetic evaluation of show jumping horses in Ireland using ranks in competition. Book of abstracts of the 46th Ann. Meeting of the EAAP. 4–7. September, Prague, Czech Republic. 349.
47. **FURRE, S.** (2010): Genetic evaluation of sporthorses – new developments in science and practice. Interstallion seminar, 24th September, Uppsala, Sweden.
48. **GERGELY I. – CSANÁDI I.** (1975): Minősítés a Mezőhegyesi ÁG. „Hunter” ménésében 1975. évben ivadékvizsgálatra bocsátott kancákról. Mezőhegyes, kézirat.
49. **GILMOUR, A.R. – CULLIS, B.R. – GOGEL, B.J. – WELHAM, S.J. – THOMPSON, R.** (2006): ASREML user’s guide Version 2. NSW Agriculture, Queensland Department of Primary Industries, IACR–Rothamsted.
50. **GÓMEZ, M. D. – CERVANTES, I. – BARTOLOMÉ, E. – MOLINA, A. – VALERA, M.** (2006): Genetic evaluation of show–jumping performance in young Spanish sporthorse. 57th Annual Meeting of the EAAP. 17–20 September, Antalya, Turkey.
51. **GÓMEZ, M.D. – MENENDEZ–BUXADERA, A. – VALERA, M. – MOLINA, A.** (2010): Estimation of genetic parameters for racing speed at different distances in young and adult Spanish Trotter horses using the random regression model. Journal of Animal Breeding and Genetics. 127. 385–394.
52. **GÓMEZ, M.D. – MOLINA, A. – MENENDEZ–BUXADERA, A. – VALERA, M.** (2011): Estimation of genetic parameters for the annual earnings at different race distances in young and adult Trotter Horses using a Random Regression Model. Livestock Science. 137. 87–94.

53. **GREENHALGH, T.** (2001): How to read a paper. The basics of evidence based medicine. London, UK: BMJ Books, BMJ Publishing Group 222.
54. **GROENEVELD, E.** (1983): Integrated data acquisition, transmission and processing systems a prerequisite of efficient selection in breeding populations, session IV: application for micro–electronic equipment in animal breeding. In: 34th Annual Meeting of the Study Commissions of the EAAP. 3–6. October Madrid, Spain.
55. **GROENEVELD, E. – KOVAC, M. – MIELENZ, N.** (2010): VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0 2010.
56. **GROENEVELD, E. – KOVAC, M. – WANG, T.** (1990): PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. Proc. of the 4th. World Congress on Genetics Applied Livestock Production. Edinburgh, UK. 488–491.
57. **HASSENSTEIN, C.** (1998): Genetisch Statistische Analyse von neuentwickelten Merkmalen aus Turniersportprüfungen für Reitpferde. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Agrarwissenschaftlichen Fakultät. Schriftenreihe des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung der Christian–Albrechts–Universität zu Kiel 103.
58. **HASSENSTEIN, C. – ROEHE, R. – KALM, E.** (1996): Estimation of genetic parameters of German riding horses ranked by their places in competition using Gibbs sampling. 47th EAAP Lillehammer, Norway H 2.8
59. **HASSENSTEIN, C. – ROEHE, R. – KALM, E.** (1998): Estimation of genetic parameters of German Sport Horses accounting for competition in the statistical model. Proc. of the 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. 11–16. January. Armidale, Australia. 24. 436–439.
60. **HECKER W.** (1980): Az apamének értékelése a lovassportban. Lovassport–Lótenyésztés. 2. 12–17.
61. **HENDERSON C. R.** (1953): Estimation of variance and covariance components. Biometrics. 9. 226–252.
62. **HENDERSON C. R.** (1975): Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. Biometrics. 31. 2. 423–447.
63. **HENDERSON C. R.** (1982): Analysis of covariance in the mixed model: higher level, nonhomogeneous and random regressions. Biometrics. 38. 3. 623–640.

64. **HILL, W. G. – BROTHERSTONE, S.** (1999): Advances in methodology for utilizing sequential records. *British Society of Animal Science*. 24. 55–61.
65. **HUIZINGA, H.A. – BOUKAMP, M. – SMOLDERS, G.** (1990): Estimated parameters of field performance testing of mares from the Dutch Warmblood riding horse population. *Livestock Production Science*. 26. 291–299.
66. **HUIZINGA, H. A. – VAN DER MEIJ, G. J. W.** (1989): Estimated parameters of performance in jumping and dressage competitions of the Dutch Warmblood horse. *Livestock Production Science*. 21. 333–345.
67. **HUIZINGA, H.A. – VAN DER WERF, J.H.J. – KORVER, S. – VAN DER MEIJ, G.J.W.** (1991): Stationary performance testing of stallions from the Dutch Warmblood riding horse population. 1. Estimated genetic parameters of scored traits and the genetic relation with dressage and jumping competition from offspring of breeding stallions. *Livestock Production Science*. 27. 231–244.
68. **JAITNER, J. – REINHARDT, F.** (2003): National Genetic Evaluation for Horses in Germany. *Proc. of the 54th Ann. Meeting of the EAAP*. 31. August – 3. September. Roma, Italy.
69. **JAITNER, J. – REINHARDT, F. – CHRISTMANN, L.** (2005): Regionale Zuchtwertschätzung unter Einbeziehung der Auktionspferde. 4. *Pferde-Workshop, Uelzen, Februar 22–23*. 37–40.
70. **JAMROZIK, J. – SCHAEFFER, L.R. – DEKKERS J.C.M.** (1997): Genetic Evaluation of Dairy Cattle Using Test Day Yields and Random Regression Model. *Journal of Dairy Science*. 80. 1217–1226.
71. **JANSSENS S.** (2010): Genetic evaluation of sporthorses – new developments in science and practice. *Interstallion seminar, 24th September, Uppsala, Sweden*.
72. **JANSSENS, S. – BUYS, N. – VANDEPITTE, W.** (2007): Sport status and the genetic evaluation for show jumping in Belgian sport horses. *58th Annual Meeting of the European Association for animal production, 26–29 August Dublin, Ireland*
73. **JANSSENS, S. – GEYSEN, D. – VANDEPITTE, W.** (1997): Genetic parameters for show jumping in Belgian Sporthorses. *48th Ann. Meet. EAAP, 25–28 August. Vienna, Austria*.

74. **JISKROVÁ, I.** (2004): Odhadplemennéhodnotysportovníchkonív České republice. (Prediction of Breeding Values of SportHorses in the Czech Republic) Thesis. Mendel University in Brno, Brno 100.
75. **JORJANI, H. – EMANUELSON, U. – FIKSE, W.F.** (2005): Data subsetting strategies for estimation of across–country genetic correlations. *Journal of Dairy Science*. 88. 1214–1224.
76. **KALM, E.** (1997): Tenyésztértékbecslés a lótenyésztésben. DATE Állattenyésztési Napok IV., Nemzetközi Lótenyésztési Tanácskozás. Augusztus 21–22. Debrecen. 10–25.
77. **KASTELIC, J. P.** (2006): Critical evaluation of scientific articles and other sources of information: An introduction to evidence–based veterinary medicine. *Theriogenology*. 66. 534–542.
78. **KEARSLEY, C.** (2008): Genetic evaluation of sport horses in Britain. Ph.D. Thesis. The University of Edinburgh, Edinburgh 120.
79. **KEARSLEY, C. G. S. – WOOLLIAMS, J. A. – COFFEY, M. P. – BROTHERSTONE, S.** (2008): Use of competition data for genetic evaluations of eventing horses in Britain: Analysis of the dressage, show–jumping and cross country phases in eventing competition. *Livestock Science*. 118. 72–81.
80. **KINGSOLVER, J.G. – GOMULKIEWICZ, R. – CARTER, P.A.** (2001): Variation, selection and evolution of function–valued traits. *Genetica*. 112–113. 87–104.
81. **KOENEN, E.P.C** (2005): Publication of breeding values. Interstallion Workshop „Use of genetic evaluations in sport horse breeding” 5–6. September.
82. **KOENEN, E.P.C. – ALDRIDGE, L.I.** (2002): Testing and genetic evaluation of sport horses in an international perspective. Proc. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. WCGALP Book of Abstract, Montpellier, France, 367.
83. **KOENEN, E.P.C. – ALDRIDGE, L.I. – PHILIPSSON, J.** (2004): An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science*. 88. 77–84.
84. **KOENEN, E. P. C. – VAN VELDHUIZEN, A. E. – BRASCAMP, E. W.** (1995): Genetic parameters of linear scored conformation traits and their

- relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood riding horse population. *Livestock Production Science*. 43. 85–94.
85. **KOERHUIS, A.** (1992): Implementatie van een multivariaat animal model ter evaluatie van sportprestaties van KWPN-rijpasrden. Report 24. Department of Animal Breeding Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 48.
86. **KOERHUIS, A.N.M. – VAN DER WERF, J.H.J.** (1994): Uni- and bivariate breeding value estimation in a simulated horse population under sequential selection. *Livestock Production Science*. 40. 207–213.
87. **KOMLÓSI I. – VERESS L.** (2006): Általános Állattenyésztés. Egyetemi jegyzet. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum és Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen. 163.
88. **KOTOV, A. S.** (1977): The relationship of performance with measurements, age and sex in competition horses. *Sbornik Nauchnykh Trudov. Moskovskaya Veterinarnaya Akademiya* 92:60. (Animal Breeding Abstract 46. 549.)
89. **KÖNYVES-TÓTH E.** (2012): SPSS Nyári Iskola. Július 9–13. Debreceni Egyetem, Debrecen. Előadás.
90. **LAIRD, M. N. – WARE, J. H.** (1982): Random effect models for longitudinal data. *Biometrics*. 38. 963–974.
91. **LANGLOIS, B.** (1975): Interpretation statistique et genetique des gains des chevaux dans les competition equestres Francaises. *Livestock Production Science*. 2. 191–204.
92. **LANGLOIS, B.** (1980): Estimation de la valeur génétique des chevaux de sport d'après les sommes gagnées dans les compétitions équestres françaises. *Annales de Genetique et de Selection Animale*. 12. 15–31.
93. **LANGLOIS, B – BLOUIN, C.** (1998): Effect of a horse's month of birth on its future sport performance. II. Effect on annual earnings and annual earnings per start. *Annales de Zootechnie*. 47. 67–74.
94. **LANGLOIS, B. – VRIJENHOEK, T.** (2004): Qualification status and estimation of breeding value in French trotters. *Livestock Production Science*. 89. 187–194.

95. **LECLERC, H. – WENSCH–DORENDORF, M. – WENSCH, J. – DUCROCQ, V. – SWALVE, H. H.** (2008): A general method to validate breeding value prediction software. *Journal of Dairy Science*. 91. 3179–3183.
96. **LEWCZUK, D.** (2008): Young horse response on changing distance in free jumping combination. *Animal*. 2.11. 1651–1657.
97. **LEWCZUK, D. – ŚLONIEWSKI, K. – REKLEWSKI, Z.** (2006): Repeatability of the horse's jumping parameters with and without rider. *Livestock Science*. 99. 125–130.
98. **LÜHRS–BEHNKE, H. – ROEHE, R. – KALM, E.** (2002): Genetic associations among traits of the new integrated breeding evaluation method used for selection of German Warmblood horses. *Veterinarija ir Zootechnika*. 18. 40. 90–93.
99. **LÜHRS–BEHNKE, H. – ROEHE, R. – KALM, E.** (2006): Schätzung genetische Parameter für Turniersportleistungen innerhalb Prüfungsklassen und deren Beziehungen zu den Merkmalen der Zuchtstuten– und der Hengstleistungsprüfung. *Züchtungskunde*. 78. 3. 173–183.
100. **MÄENPÄÄ, M.** (2010): Genetic evaluation of sporthorses – new developments in science and practice. Interstallion seminar, 24th September, Uppsala, Sweden.
101. **MARK, T. – MADSEN, P. – JENSEN, J. – FIKSE, W.F.** (2005): Prior (co)variances can improve multiple–trait across–country evaluations of weakly linked bull populations. *Journal of Dairy Science*. 88. 3290–3302.
102. **MÁRKUS SZ. – KOMLÓSI I.** (2007): Random regressziós modellek alkalmazási lehetőségei tejhasznosítású szarvasmarhák tenyésztérbecslésében. XLIX. Georgikon Napok. Szeptember 20–21. Keszthely. ISBN: 978–963–9639–5.
103. **MEINARDUS, H. – BRUNS, E.** (1987): BLUP procedure in riding horses based on competition results. 38th Ann. Meet. EAAP, 28 September –1. October, Lisbon, Portugal. Study Commission on Horse Production.
104. **MEINARDUS, H. – BRUNS, E.** (1988): Use of riding event records for selection of riding horses 1st communication: Selection criteria and genetic parameters. *Eingegangen am 30. 6:98*.
105. **MEYER, K.** (1997): An "average information" Restricted Maximum Likelihood algorithm for estimating reduced rank genetic covariance matrices

- or covariance functions for animal models with equal design matrices. *Genetics Selection Evolution*. 29. 97–116.
106. **MEYER, K.** (2006): Wombat – A program for mixed model analyses by restricted maximum likelihood. User notes. Animal Genetics and Breeding Unit, Armidale, 55.
107. **MICCERI, T.** (1989): The unicorn, the normal curve, and other improbable creatures. *Psychological Bulletin*. 105. 156–166.
108. **MIHÓK S.** (2005): A sport- és versenyló szelekciója. *Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis*. 18. 3–10.
109. **MIHÓK S.** (2010): Kutatás a lótenyésztési ágazatban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 59. 4. 221–232.
110. **MIHÓK S. – PATAKI B. – KALM, E. – ERNST J.** (2001): Ló és szamár, Mezőgazda Kiadó, Budapest. 360. ISBN: 9639358002
111. **MIHÓK S. – POSTA J. – JÓNÁS S. – GALLÓ J. – KOMLÓSI I.** (2009): Áttekintés a (sport)lótenyésztésben végzett fontosabb kutatásokról. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia*. 5. 4. 27–36.
112. **MIHÓK S. – POSTA J. – PRUTKAY Z. – KOMLÓSI I.** (2010): Tenyészték-becslés a magyar sportló kanca teljesítményvizsgák alapján. Budapest–Debrecen, 207. ISBN: 978–963–06–8959–5
113. **MISZTAL, I.** (2000): *Computational Techniques in Animal Breeding*. University of Georgia, Athens, USA. University Notes. 197.
114. **MISZTAL, I.** (2003): BLUPF90 Manual. [Online]. Available at <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/newprograms.html>. Accessed Jan. 2006.
115. **MRODE, R. A.** (1996): *Linear models for the prediction of animal breeding values*. CAB International, 208. ISBN: 0–85199–996–9
116. **MSLT** (2000): *A Magyar Sportlótenyésztők Országos Egyesületének Tenyésztési Szabályzata*, Budapest.
117. **NÉMETH CS.** (1993): *A lótenyésztés eredményei 1992*. Mezőgazdasági Minősítő Intézet Kiadványa, Budapest.
118. **NOVOTNÁ, A. – BAUER, J. – VOSTRY, L. – JISKROVÁ, I.** (2014): Single-trait and multi-trait prediction of breeding values for show-jumping performance of horses in the Czech Republic. *Livestock Science*. 169. 10–18.
119. **OJALA, M.** (1987): Heritabilities of annually summarized race records in Trotters. *Journal of Animal Science*. 64. 117–125.

120. **OLSSON, E.G. – ÅRNASON, TH. – NASHOLM, A. – PHILIPSSON, J.** (2000): Genetic parameters for traits at performance test of stallions and correlations with traits at progeny tests in Swedish warmblood horses. *Livestock Production Science*. 65. 81–89.
121. **OLSSON, E. – NÄSHOLM, A. – STRANDBERG, E. – PHILIPSSON, J.** (2008): Use of field records and competition results in genetic evaluation of station performance tested Swedish Warmblood stallions. *Livestock Science*. 117. 287–297.
122. **PATTERSON, H. D. – THOMPSON, R.** (1971): Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*. 58. 545–554.
123. **PEETERS, K. – DUCRO, B. – JANSSENS, S.** (2009): Estimating genetic parameters for dressage performance in Belgian sport horses based on results from multiple competition levels. Proc. of the 60th Ann. Meeting of the EAAP, 24–27 August. Barcelona, Spain. 221.
124. **PETROVICS E. – BOKOR Á. – BARTOS Á.** (2005): A tenyésztérbecslés lehetőségei a sportlótenyésztésben. *Lovas Nemzet*. 11. 1. 26–27.
125. **PHILIPSSON, J.** (1987): Standards and procedures for international genetic evaluations of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 70. 418–424.
126. **PHILIPSSON, J.** (1990): Alternative selection strategies for performance of the Swedish Warmblood horse. *Livestock Production Science*. 24. 273–285.
127. **PHYSICK–SHEARD, P. W.** (1986): Career profile of the Canadian Standardbred III. Influence of temporary absence from racing and season. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 50. 471–478.
128. **PONGRÁCZ L.** (2011): A ló értékmérő tulajdonságai. In: Bokor Á. – Pongrácz L. – Bartos Á. Gulyás L. (2011) *Lótenyésztés. „E-tananyag” az Állattenyésztő mérnöki (BSc) alapszak hallgatói számára.* Nyugat-Magyarországi Egyetem – Kaposvári Egyetem – Pannon Egyetem, TÁMOP–4.1.2–08/1/A–2009–0059. 190.
129. **POSTA J.** (2008): Tenyésztérbecslés a magyar sportlótenyésztésben, Doktori értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen. 114.

130. **POSTA J. – KOMLÓSI I. – MIHÓK S.** (2006): Pedigree analysis of Hungarian sport horses. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia.* 2. 3. 182–188.
131. **POSTA J. – KOMLÓSI I. – MIHÓK S.** (2007a): Genetikai előrehaladás vizsgálata a magyar sportló populációban, *Állattenyésztés és Takarmányozás.* 56. 4. 313–323.
132. **POSTA J. – KOMLÓSI I. – PRUTKAY Z. – MISLEY B. – MIHÓK S.** (2007b): A magyar sportlóállományra alapozott tenyésztéértékelési kutatások eredményei. A Debreceni Egyetem és a Magyar Sportlótenyésztők Országos Egyesülete Kiadványa, Debrecen–Budapest. ISBN 978–963–9732–13–1
133. **POSTA J. – MALOVRH S. – MIHÓK S. – KOMLÓSI I.** (2010): Random regression model estimation of genetic parameters for show-jumping results of Hungarian Sporthorses. *Journal of Animal Breeding and Genetics.* 127. 280–288.
134. **POSTA J. – MIHÓK S. – MÁRKUS SZ. – KOMLÓSI I.** (2009): Analysis of Hungarian sport horse show jumping results using different transformations and models. *Archiv für Tierzucht.* 52. 451–458.
135. **POSTA J. – RUDINÉ M. A. – MIHÓK S.** (2013): Díjugrató sportban a hasznos élettartam értékelése különböző mérőszámokkal. *Magyar Állatorvosok Lapja.* 135. 7–11.
136. **POWERS, P. N. R. – KAVANAGH, A. M.** (2005): Effect of rider experience on the jumping kinematics of riding horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology.* 2. 263–267.
137. **QUINN, K. M.** (2005): Genetic Evaluation of ShowJumping Horses in Ireland, Irish HorseBoard. Department of Agriculture and Food, BlockB, Maynooth Business Campus, Maynooth, Kildare, Ireland 85.
138. **REILLY, M. – FORAN, M. K. – KELLEHER, D. L. – FLANAGAN, M. J. – BROPHY, P.O.** (1998): Estimation of genetic value of show-jumping horses from the ranking of all performances in competition. *Journal of Animal Breeding and Genetics.* 115. 17–25.
139. **REVERTER, A. – GOLDEN, B. L. – BOURDON, R. M. – BRINKS, J. S.** (1994): Method \mathfrak{R} variance components procedure: application on the simple breeding value model. *Journal of Animal Science.* 72. 2247–2253.

140. **RICARD, A.** (1997): Breeding Evaluations and Breeding Programs in France. Proc. of the 35th Ann. Meeting of the EAAP, 6–9 August. Hague, Netherlands, 14.
141. **RICARD, A. – BLOUIN, C.** (2009): Breeding values for longevity in jumping horse competition in France. Proc. of the 60th Ann. Meeting of the EAAP, 24–27 August. Barcelona, Spain. 220.
142. **RICARD, A. – BRUNS, E. – CUNNINGHAM, E.P.** (2000): Genetics of performance traits. In: The Genetics of the Horse (ed. by A.T. Bowling and A. Ruvinsky), 512. CABI Publishing, Wallingford, UK. 411–438.
143. **RICARD, A. – FOURNET–HANOCQ, F.** (1997): Analysis of factors affecting length of competitive life of jumping horses. Genetics Selection Evolution. 29. 251–267.
144. **RICARD, A. – LEGARRA, A.** (2010): Validation of models for analysis of ranks in horse breeding evaluation. Genetics Selection Evolution. 42.3.
145. **RUHLMANN, C. – BRUNS, E. – FRAEHR, E. – PHILIPSSON, J. – JANSSENS, S. – QUINN, K. – THORÉN–HELLSTEN, E. – RICARD, A.** (2009a): Genetic connectedness between seven European countries for performance in jumping competitions of warmblood riding horses. Livestock Science. 120. 75–86.
146. **RUHLMANN, C. – JANSSENS, S. – PHILIPSSON, J. – THORÉN–HELLSTEN, E. – CROLLY, H. – QUINN, K. – MANFREDI, E. – RICARD, A.** (2009b): Genetic correlations between horse show jumping competition traits in five European countries. Livestock Science. 122. 234–240.
147. **SAS/STAT 9.1** (2003): User’s Guide SAS Institute Inc. Cary, NC 27513 USA.
148. **SAASTAMOINEN, M. T. – NYLANDER, A.** (1996): Genetic and phenotypic parameters for age at starting to race and racing performance during early career in trotters. Livestock Production Science. 45. 63–38.
149. **SAASTAMOINEN, M. T. – OJALA, M. J.** (1994): Influence of different combinations of racing years on early career performance in trotters. Acta Agriculturae Scandinavica. Section A. Animal Science. 44. 208–213.
150. **SCHAEFFER, L.R.** (1994): Multiple–country comparison of dairy sires. Journal of Dairy Science. 77. 2671–2678.

151. **SCHAEFFER, L. R.** (2004): Application of random regression models in animal breeding. *Livestock Production Science*. 86. 35–45.
152. **SCHAEFFER, L.R. – DEKKERS, J. C. M.** (1994): Random regressions in animal models for test–day production in dairy cattle. *Proceedings of Fifth World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. XVIII. Guelph, Ont. Canada, 443–446.
153. **SCHNYDER, U. – HOFER, A. – LABROUE, F. – KÜNZI N.** (2001): Genetic parameters of a random regression model for daily feed intake of performance tested French Landrace and Large White growing pigs. *Genetics Selection Evolution*. 33. 635–658.
154. **SIWEK, M. – MAIZON, D. O. – FINOCCHIARO, R. – J. VON KAAM, B.C.H.M. – PORTOLANO, B.** (2007): An experience in pedigree reconstruction based on likelihood methods using genetic markers. 58th Annual Meeting of the European Association for animal production, 26–29 August. Dublin, Ireland
155. **SOBCZYNSKA, M.** (2007): The effect of selected factors on length of racing career in Thoroughbred racehorses in Poland. *Animal Science Papers and Reports*. 25.3.131–141.
156. **SOBCZYNSKA, M. – LUKASZEWICZ, M.** (2004): Genetic parameters of racing merit of thoroughbred horses in Poland. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 121. 302–306.
157. **SOMOGYI T.** (2006): Bodnár Zoltán Vas megye díjugrató bajnoka. *Lovas Élet*. 2. 28–29.
158. **SPEARMAN, C.** (1904): The proof of measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*. 15. 72–101.
159. **STEWART, I.D. – WOOLLIAMS, J.A. – BROTHERSTONE, S.** (2010): Genetic evaluation for performance in dressage competitions in Great Britain. *Livestock Science*. 128. 36–45.
160. **STRÖM, H. – PHILIPSSON, J.** (1978): Relative importance of performance tests and progeny tests in horse breeding. *Livestock Production Science*. 5. 303–312.
161. **SVÁB J.** (1971): *A populációgenetika alapjai*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó. 191.

162. **SVÁB J.** (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 557. ISBN: 963–231–013–6.
163. **SVOBODOVA, S. – BLOUIN, C. – LANGLOIS, B.** (2005): Estimation of genetic parameters of Thoroughbred racing performance in the Czech Republic. *Journal of Animal Research*. 54. 499–509.
164. **TAVERNIER, A.** (1990): Estimation of breeding value of jumping horses from their ranks. *Livestock Production Science*. 26. 277–290.
165. **TAVERNIER, A.** (1991): Genetic evaluation of horses based on ranks in competitions. *Genetics Selection Evolution*. 23. 159–173.
166. **THOREN–HELLSTEN, E. – JORJANI H. – PHILIPSSON, J.** (2008): Connectedness among five European sport horse populations. *Livestock Science*. 118. 147–156.
167. **THOREN–HELLSTEN, E. – NASHOLM, A. – JORJANI, H. – STRANDBERG, E. PHILIPSSON, J.** (2009): Influence of foreign stallions on the Swedish Warmblood breed and its genetic evaluation. *Livestock Science*. 121. 207–214.
168. **THOREN–HELLSTEN, E. – VIKLUND Å. – KOENEN E.P.C. – RICARD A. – BRUNS E. – PHILIPSSON J.** (2006): Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show–jumping competition. *Livestock Science*. 103. 1–12.
169. **TUKEY, J. W.** (1962): The future of data analysis. *The Annals of Mathematical Statistics*. 33. 1–67.
170. **VANGEN, O.** (2010): Genetic evaluation of sporthorses – new developments in science and practice. Interstallion seminar, 24th September, Uppsala, Sweden.
171. **VELSEN–ZERWECK, A.** (1998): Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtpferde. Ph.D. Thesis, Georg–August Universität Göttingen, Göttingen. 110.
172. **VIKLUND Å.** (2010): Genetic Evaluation of Swedish Warmblood Horses, Ph.D. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 57.
173. **VIKLUND, Å. – BRAAM, A. – NASHOLM, A. – STRANDBERG, E. – PHILIPSSON, J.** (2010): Genetic variation in competition traits at different

- ages and time periods and correlations with traits at field tests of 4-year old Swedish Warmblood horses. *Animal*. 4. 5. 682–691.
174. **VIKLUND, Å. – FURRE, S. – PHILIPSSON, J. – VANGEN, O.** (2011): Nordic Interstallion – Competition data. Workshop on "Linear scoring in evaluation of sport horses – experiences of current practices and potential developments". 15–16 December, Stockholm, Sweden.
175. **WAERDEN, B. L.** (1952): Order Tests for the Two-sample Problem and Their Power I. *Indagationes Mathematicae*. 14. 453–458.
176. **WALLIN, L. – STRANDNERG, E. – PHILIPSSON, J.** (2001): Phenotypic relationship between test results of Swedish Warmblood horses as 4-year-olds and longevity. *Livestock Production Science*. 68. 97–105.
177. **WALLIN, L. – STRANDNERG, E. – PHILIPSSON, J.** (2003): Genetic correlations between field test results of Swedish Warmblood Riding Horses as 4-year-olds and lifetime performance results in dressage and show jumping. *Livestock Production Science*. 82. 61–71.
178. **WALLIN, L. – STRANDBERG, E. – PHILIPSSON, J. – DALIN, G.** (2000): Estimates of longevity and causes of culling and death in Swedish warmblood and coldblood horses. *Livestock Production Science*. 63. 257–289.
179. **WHITAKER, T. C. – HILL, J.** (2005): Analysis of the population of competing British sport horses as measured by lifetime performance: structural distributions at different levels of competition. *Equine and Comparative Exercise Physiology*. 2. 43–51.
180. **WIKSTRÖM A. – VIKLUND Å. – NASHOLM A. – PHILIPSSON J.** (2005): Genetic parameters for competition traits at different ages of Swedish riding horses. 56th Annual Meeting of EAAP. 5–8. June. Uppsala, Sweden.
181. **WILLIS, M. B.** (1991): Dalton's Introduction to Practical Animal Breeding. 3rd edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford. 166.

11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/158/2015.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Rudiné Mezei Anita
Neptun kód: SIG3C3
Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10048212

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyv(ek) (1)

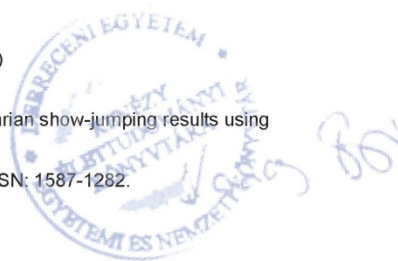
1. Posta J., **Rudiné Mezei A.**, Mihók S.: Sportlovak díjugratási sporteredményeinek értékelése:(az OTKA PD83885 posztdoktori kutatási pályázat keretében elvégzett kutatás eredményei 2011-2013). DE AGTC Állattenyésztéstani Tanszék, Debrecen, 88 p., 2013. ISBN: 9786155183997

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (2)

2. Posta J., **Rudiné Mezei A.**, Mihók S.: A díjugrató sportban különböző nehézségi szinteken nyújtott sportteljesítmények értékelése.
Anim. Welf. Etol. Tartástechnol. 9 (3), 294-299, 2013. ISSN: 1786-8440.
3. **Mezei A.**: Lovak tenyésztérbecslése a díjugrató sportban elért teljesítmény alapján:(Irodalmi áttekintés).
Állatteny. Takarm. 60 (2), 185-196, 2011. ISSN: 0230-1814.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (2)

4. **Rudiné Mezei, A.**, Posta, J., Mihók, S.: Evaluation of Hungarian show-jumping results using different measurement variables.
Agrártud. Közl. [Debrecen]. 2013 (53), 81-85, 2013. ISSN: 1587-1282.



Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. □ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 39. □ Tel.: (52) 410-443
E-mail: publikaciok@lib.unideb.hu □ Honlap: www.lib.unideb.hu



5. **Rudiné Mezei, A.**, Posta, J., Mihók, S.: Random regression models for genetic evaluation of performance of the Hungarian show-jumping horse population.
Agrártud. Közl. 59, 87-91, 2014. ISSN: 1587-1282

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

6. **Rudiné Mezei, A.**, Posta, J., Mihók, S.: Comparison of Different Measurement Variables Based on Hungarian Show Jumping Results.
Ann. Anim. Sci. 15 (1), 177-183, 2015. ISSN: 1642-3402.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2014-0063>
IF:0.613 (2014)

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (2)

7. Posta J., **Rudiné Mezei A.**, Mihók S.: A díjugratásban nyújtott teljesítményt értékelő különböző matematikai átalakítások összehasonlítása.
Az LV. Georgikon Napok elektronikus kiadványa 55, 41-50, 2013.
8. Posta J., **Mezei A.**, Mihók S.: Nehézségek a díjugratási sporteredmények számtan-statisztikai értékelésekor:(előtanulmány)..
Az LIII. Georgikon Napok elektronikus kiadványa 53, 595-601, 2011.

További Közlemények

Magyar nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (3)

9. Posta J., **Rudiné Mezei A.**, Mihók S.: Díjugrató sportban a hasznos élettartam értékelése különböző mérőszámokkal.
Magy. Állatorv. L. 135 (1), 7-11, 2013. ISSN: 0025-004X.
IF:0.185
10. **Rudiné Mezei A.**, Posta J., Mihók S.: Hazai és külföldi tenyésztésű lovak teljesítményének összehasonlítása a díjugrató sportban elért eredmények alapján.
Állatteny. Takarm. 62 (1), 57-69, 2013. ISSN: 0230-1814.



11. **Mezei A.**, Posta J., Mihók S.: Saját- és ivadéktelejesítmény vizsgálat a military sportban.
Agrártud. Közl. 48, 49-56, 2012. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

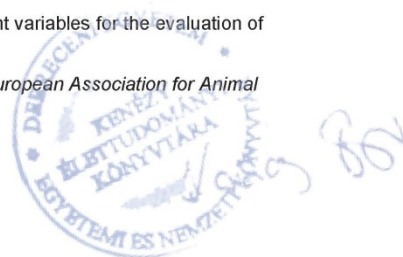
12. Posta, J., **Rudiné Mezei, A.**, Mihók, S., Mészáros, G.: Evaluation of the length of competitive life in Hungarian sporthorses.
J. Anim. Breed. Genet. 131, 529-535, 2014. ISSN: 0931-2668.
IF:1.566

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (2)

13. Posta J., **Mezei A.**, Mihók S.: A díjugrató sportban hasznos élettartam értékelése matematikai mérőszámokkal a magyarországi díjugrató lóállományban.
Az LIV. Georgikon Napok elektronikus kiadványa 54, 405-410, 2012.
14. **Rudiné Mezei A.**, Posta J., Mihók S.: Az import és hazai tenyésztésű lovak értékelése a díjugrató sportban elért teljesítmény alapján.
Az LIV. Georgikon Napok elektronikus kiadványa 54, 411-419, 2012.

Idegen nyelvű absztrakt kiadvány(ok) (4)

15. Posta, J., **Rudiné Mezei, A.**, Mihók, S.: Transformed variables for the genetic evaluation of the competition performance of jumping horses.
Book of abstracts of the 64rd Annual Meeting of the European Association for Animal Production 19, 358, 2013.
16. Posta, J., **Mezei, A.**, Mihók, S.: Mathematical measurement variables for the evaluation of durability of Hungarian Show-jumping horses.
Book of abstracts of the 63rd Annual Meeting of the European Association for Animal Production 18, 35, 2012.





17. Posta, J., **Mezei, A.**, Mihók, S.: Genetic evaluation of competition years, as a kind of measurement of durability in Hungarian show-jumping horses.
Proceedings of the 2nd International Equine Science Meeting 2, 51, 2012.
18. **Mezei, A.**, Posta, J., Mihók, S.: Analysis of eventing competition results of Hungarian Sporthorses.
Proceedings of the 2nd International Equine Science Meeting 2, 48, 2012.

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikk(ek) (3)

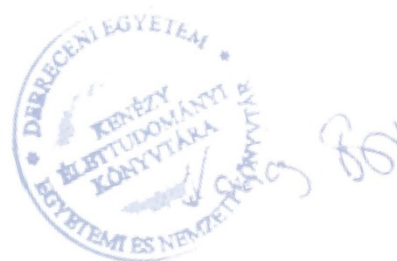
19. Mihók S., Posta J., **Mezei A.**: A tenyésztékbecslés jelentősége a sportlovak értékelésében és genetikai előrehaladásában 1. rész.
Lovas. Élet. XIII (2), 40-41, 2012. ISSN: 1419-5526.
20. Mihók S., Posta J., **Mezei A.**: A tenyésztékbecslés jelentősége a sportlovak értékelésében és genetikai előrehaladásában 2. rész.
Lovas. Élet. 8 (3), 37-39, 2012. ISSN: 1419-5526.
21. **Mezei A.**, Posta J.: Nemzetközi tudományos lovas konferencia 2012.
Lovas nemz. 18 (5), 16-17, 2012. ISSN: 1416-2377.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,364

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0,613

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2015.08.17.



12. ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra Az 1996–2011 között díjugrató szakágban versenyző lovak startjainak száma	43
2. ábra Az 1996–2011 között versenyző lovak startjainak eloszlása a versenyek akadálymagasság szerint	47
3. ábra Az 1996–2011 között versenyző lovak eloszlása életkor szerint	53
4. ábra Az 1996–2011 között versenyző lovak sportban töltött éveinek száma	54
5. ábra A tenyészmének eloszlása a sporteredménnyel rendelkező ivadékaik számai alapján	55
6. ábra A díjugrató szakágban indult sportlovak indulásainak eloszlása évenként az egyes genetikai csoportokban	56
7. ábra Hibatagok eloszlása a $15 - \sqrt{\text{helyezés}}$ mérőszám esetén	62
8. ábra Hibatagok eloszlása a $(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}$ mérőszám esetén	62
9. ábra Hibatagok eloszlása a $(15 - \sqrt{\text{helyezés}}) * \text{kategória}^2$ mérőszám esetén	63
10. ábra Hibatagok eloszlása a $10 - \log_2(\text{helyezés})$ mérőszám esetén	63
11. ábra Hibatagok eloszlása a $(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}$ mérőszám esetén	64
12. ábra Hibatagok eloszlása a $(10 - \log_2(\text{helyezés})) * \text{kategória}^2$ mérőszám esetén	64
13. ábra Hibatagok eloszlása a „Blom-féle pontozás” mérőszám esetén	65
14. ábra Hibatagok eloszlása a „Blom-féle pontozás” * kategória mérőszám esetén	65
15. ábra Hibatagok eloszlása a „Blom-féle pontozás” * kategória ² mérőszám esetén	66
16. ábra A négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszám és az életkor kapcsolata	76
17. ábra A random regressziós modell (LP 1) négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra becsült varianciái az életkor függvényében	77
18. ábra A random regressziós modell (LP 1) négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra becsült varianciáhányadai az életkor függvényében	78
19. ábra A különböző életkorban elért sporteredmények közötti genetikai (átló fölött) és fenotípusos (átló alatt) korrelációk a négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra	79
20. ábra A random regressziós modellben (LP 1) a négyzetgyökös átalakítással kapott mérőszámra az egyed véletlen hatásának sajátfüggvényei	80

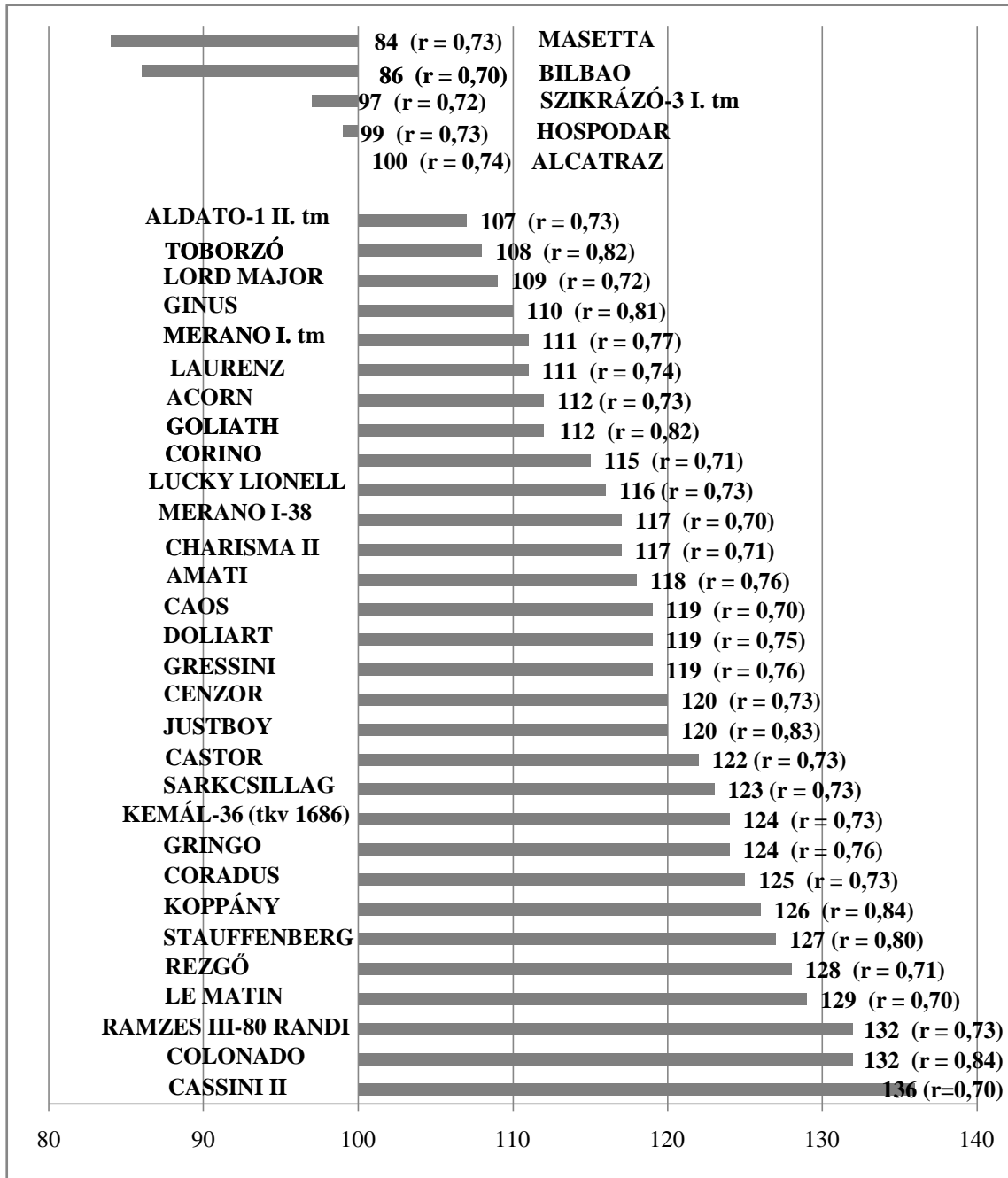
13. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat. A nyereségyen, a helyezésen és a hibapontokon alapuló teljesítmény mérőszámokra alkalmazott transzformáció típusok az egyes európai országokban	12
2. táblázat. A versenyszámok nehézségi kategóriába sorolása	46
3. táblázat. A helyezéseken alapuló mérőszámok képzése különböző transzformációkkal	47
4. táblázat. A dobogós helyezéseken és a startok számán alapuló mérőszámok képzése transzformációkkal	48
5. táblázat. A korcsoportokba tartozó rekordok száma	51
6. táblázat. A négyzetgyök függvénnyel átalakított mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei	57
7. táblázat. A logaritmus függvénnyel átalakított mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei	57
8. táblázat. A standard normális eloszlás inverz függvényével átalakított mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei	58
9. táblázat. A vizsgált mérőszámokra illesztett modellek illeszkedésének összehasonlítása	59
10. táblázat. A dobogós helyezéseken alapuló négyzetgyök függvénnyel transzformált mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei, a modellek illeszkedésének mértéke	60
11. táblázat. A dobogós helyezéseken alapuló logaritmus függvénnyel transzformált mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei, a modellek illeszkedésének mértéke	61
12. táblázat. A dobogós helyezéseken és startok számán alapuló mérőszámokra illesztett modell tagjainak szignifikancia értékei, a modellek illeszkedésének mértéke	61
13. táblázat. A négyzetgyök függvénnyel átalakított mérőszámok esetében becsült variancia komponensek, örökölhetőségi és ismételhetőségi értékek	67
14. táblázat. A logaritmus függvénnyel átalakított mérőszámok esetében becsült variancia komponensek, örökölhetőségi és ismételhetőségi értékek	68

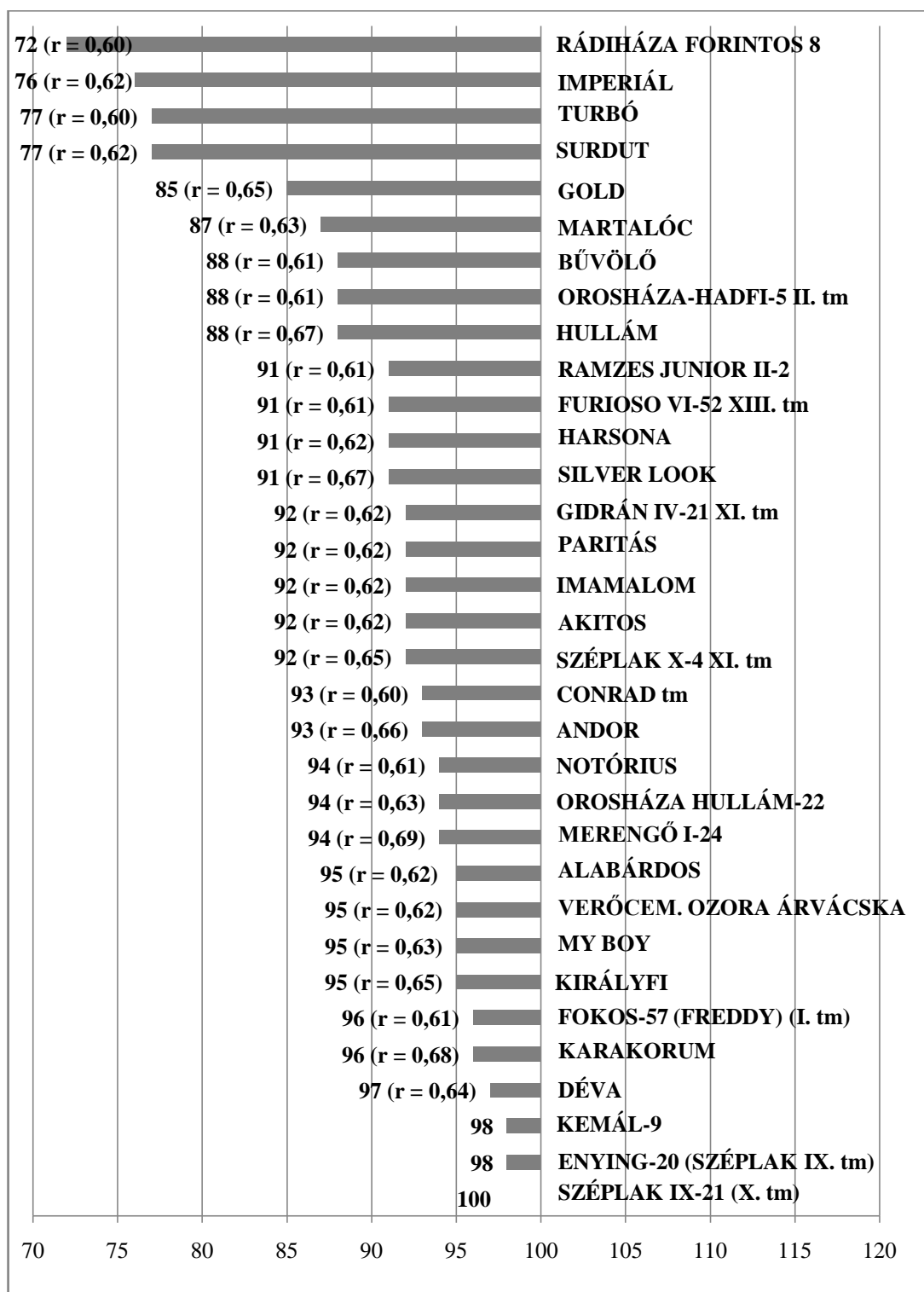
15. táblázat. A standard normális eloszlás inverz függvényével átalakított mérőszámok esetében becsült variancia komponensek, örökölhetőségi és ismételhetségi értékek	68
16. táblázat. A teljesítményt értékelő, matematikai átalakításokkal képzett mérőszámok	69
17. táblázat. A I. mérőszám esetében számított genetikai (az átló fölött) és fenotípusos korrelációk (az átló alatt)	70
18. táblázat. Az II. mérőszám esetében számított genetikai (az átló fölött) és fenotípusos korrelációk (az átló alatt)	70
19. táblázat. A III. mérőszám esetében számított genetikai (az átló fölött) és fenotípusos korrelációk (az átló alatt)	71
20. táblázat. Tenyésztési értékek közötti Spearman-féle rangkorreláció értékek	72
21. táblázat. Tenyésztési értékek stabilitás értékei	73

14. MELLÉKLETEK

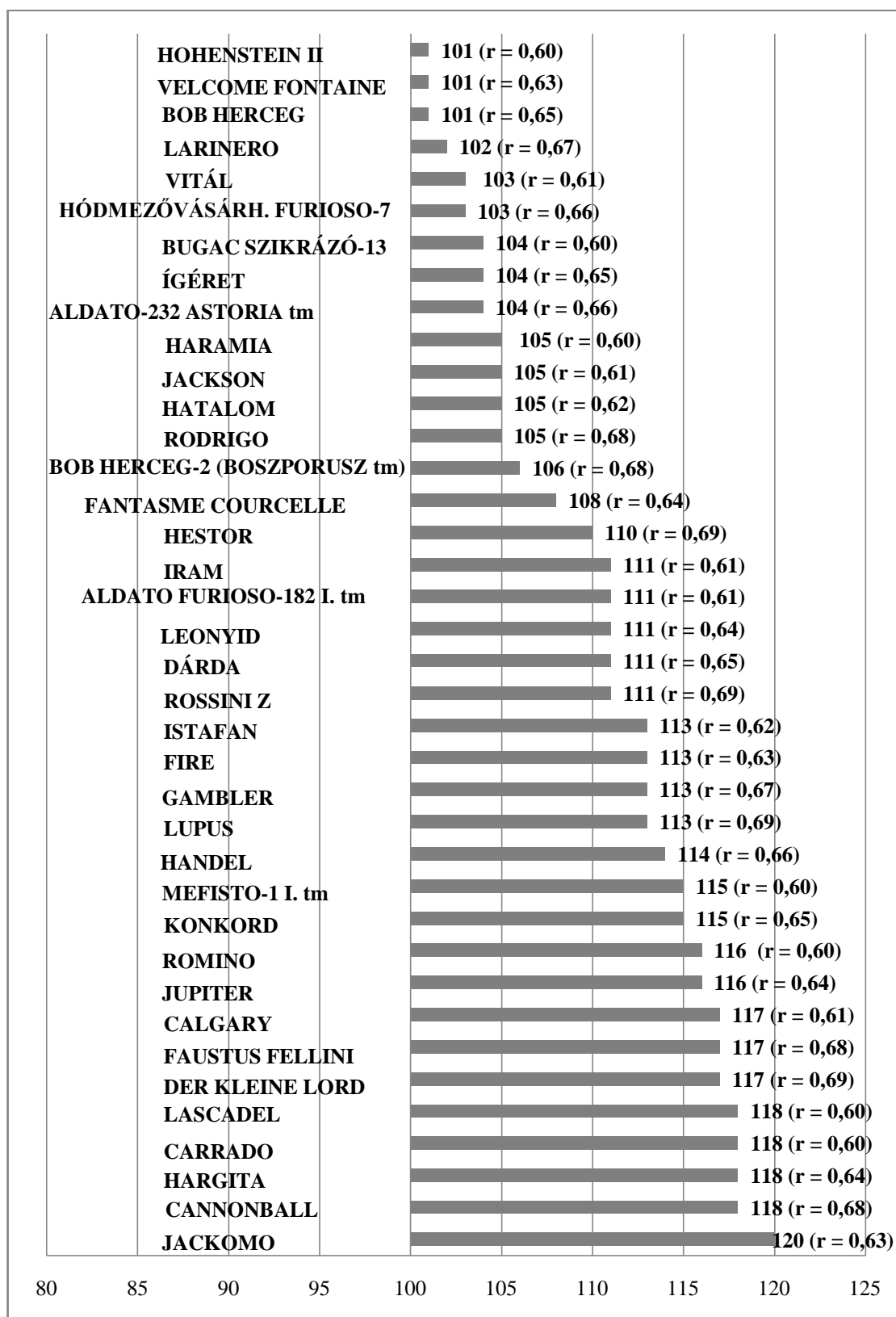
1. sz. melléklet: A legalább 0,7 megbízhatósági érték mellett becslült tenyészmének tenyészértékei



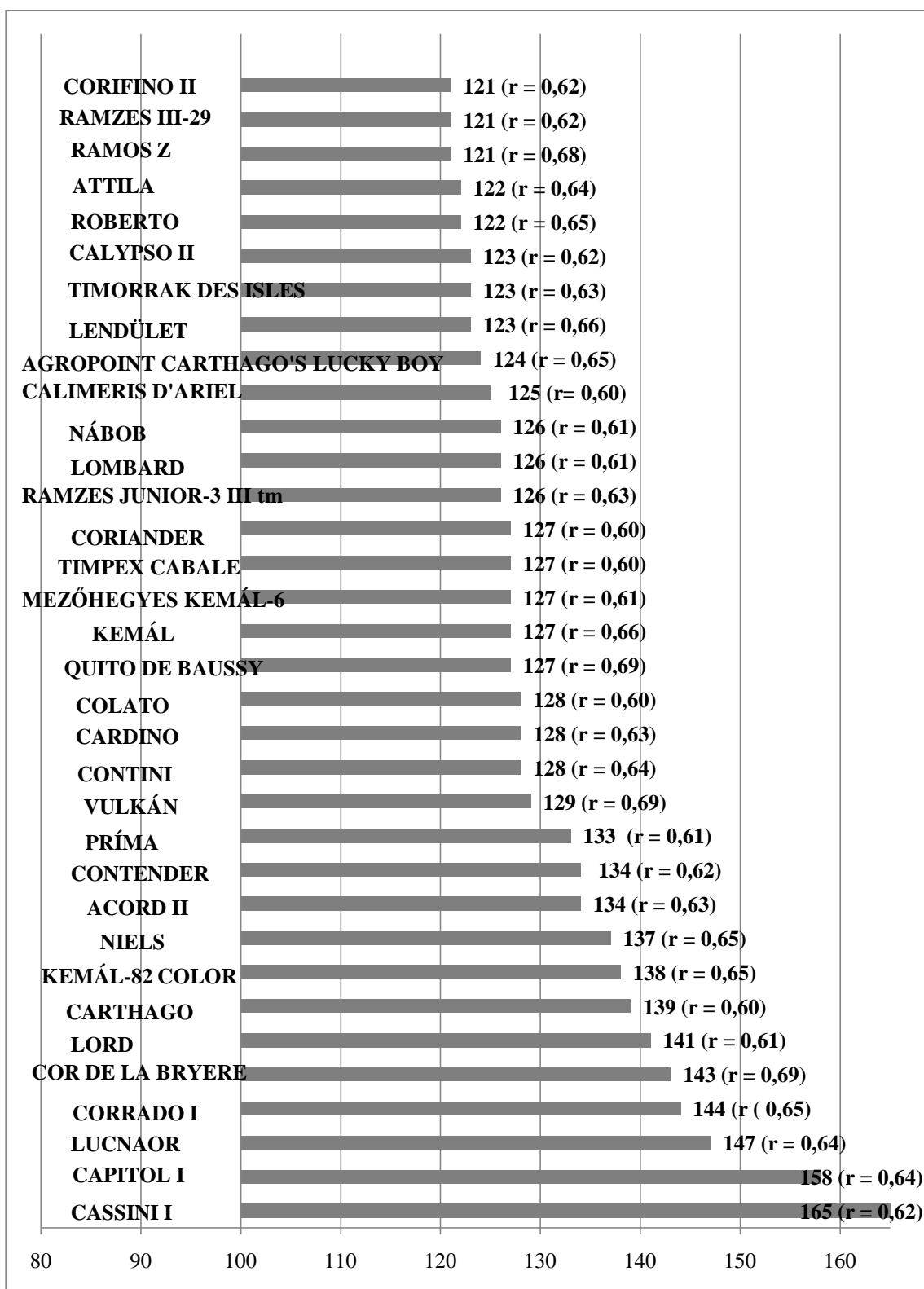
2. sz. melléklet: A 0,6–0,69 megbízhatósági érték mellett becsült tenyészmének tenyészértékei I.



3. sz. melléklet: A 0,6–0,69 megbízhatósági érték mellett becsült tenyészmének
tenyészértékei II.



4. sz. melléklet: A 0,6–0,69 megbízhatósági érték mellett becsült tenyészmének tenyészértékei III.



5. sz. melléklet: A tenyészmének ivadékszámai, tenyészértékei és azok megbízhatósági értékei

Tenyészmén neve	Ivadékszám	Tenyészérték	Megbízhatóság
Colonado	144	132	0,84
Koppány	156	126	0,84
Justboy	137	120	0,83
Goliath	110	112	0,82
Toborzó	85	108	0,82
Ginus	114	110	0,81
Stauffenberg	97	127	0,8
Merano-1 (Merano I tm.)	58	111	0,77
Gringo	67	124	0,76
Gressini	68	119	0,76
Amati	59	118	0,76
Doliart	58	119	0,75
Laurenz	61	111	0,74
Alcatraz	60	100	0,74
Ramzes III-80 Randi	44	132	0,73
Coradus	50	125	0,73
Kemál-36	43	124	0,73
Sarkcsillag	45	123	0,73
Castor	53	122	0,73
Cenzor	43	120	0,73
Lucky Lionell	47	116	0,73
Acorn	49	112	0,73
Aldato-1 II.tm.	43	107	0,73
Hospodar	49	99	0,73
Masetta	42	84	0,73
Lord major	52	109	0,72
Szikrázó-3 (I.tm)	44	97	0,72
Rezgő	38	128	0,71
Charisma II	42	117	0,71
Corino	40	115	0,71
Cassini II	35	136	0,7
Le Matin	34	129	0,7
Caos	39	119	0,7
Merano I-38	31	117	0,7
Bilbao	27	86	0,7
Cor de la Bryere	6	143	0,69
Vulkán	30	129	0,69
Quito de Baussy	37	127	0,69
Der Kleine Lord	40	117	0,69
Lupus	35	113	0,69
Rossini Z	37	111	0,69
Hestor	32	110	0,69
Merengő I-24	33	94	0,69
Ramos Z	28	121	0,68

Cannonball	33	118	0,68
Faustus Fellini	34	117	0,68
Bob herceg-2 (Boszporusz tm)	34	106	0,68
Rodrigo	37	105	0,68
Karakórum	32	96	0,68
Gambler	31	113	0,67
Larinero	28	102	0,67
Széplak IX-21 (X.tm.)	22	100	0,67
Silver Look	32	91	0,67
Hullám	16	88	0,67
Kemál	8	127	0,66
Lendület	23	123	0,66
Handel	27	114	0,66
Aldato-232 (Astoria tm)	28	104	0,66
Hódmezővásárhely Furioso-7	22	103	0,66
Andor	26	93	0,66
Corrado I	13	144	0,65
Kemál-82 (Color)	18	138	0,65
Agropoint Carthago's Lucky Boy	23	124	0,65
Roberto	22	122	0,65
Konkord	18	115	0,65
Dárda	25	111	0,65
Igéret	26	104	0,65
Bob herceg	16	101	0,65
Királyfi	19	95	0,65
Széplak X-4 (XI.tm.)	22	92	0,65
Gold	30	85	0,65
Capitol I	4	158	0,64
Lucnaor	19	147	0,64
Contini	19	128	0,64
Attila	23	122	0,64
Hargita	13	118	0,64
Jupiter	20	116	0,64
Leonyid	24	111	0,64
Fantasme Courcelle	31	108	0,64
Déva	22	97	0,64
Acord II	13	134	0,63
Cardino	28	128	0,63
Ramzes Junior-3 (III.tm)	3	126	0,63
Timorak des Isles	26	123	0,63
Contender	12	121	0,63
Jackomo	16	120	0,63
Fire	20	113	0,63
Velcome Fontaine	22	101	0,63
My Boy	27	95	0,63
Orosháza Hullám-22	17	94	0,63
Martalóc	15	87	0,63
Cassini I	15	165	0,62

Calypso II	6	123	0,62
Corofino II	21	121	0,62
Ramzes III–29	19	121	0,62
Istafan	24	113	0,62
Hatalom	25	105	0,62
Verőcemaros Ozora Árvácska–82	25	95	0,62
Alabárdos	17	95	0,62
Akitos	25	92	0,62
Paritás	23	92	0,62
Gidran IV–21 (XI.tm)	22	92	0,62
Imamalom	10	92	0,62
Harsona	20	91	0,62
Surdut (tm.)	27	77	0,62
Imperiál	2	76	0,62
Lord	3	141	0,61
Niels	15	137	0,61
Prima	12	133	0,61
Mezőhegyes Kemál–6	12	127	0,61
Nábob	14	126	0,61
Lombard	13	126	0,61
Calgary	19	117	0,61
Iram	17	111	0,61
Aldato Furioso–182	17	111	0,61
Jackson	19	105	0,61
Vital	22	103	0,61
Kemál–9	19	98	0,61
Enying–20 (Széplak IX.tm)	5	98	0,61
Fokos–57 (Freddy) (I.tm.)	19	96	0,61
Notórius	18	94	0,61
Ramzes Junior II–2	21	91	0,61
Furioso VI–52 (XIII.tm.)	10	91	0,61
Orosháza Hadfi–5 (II.tm)	26	88	0,61
Büvölő	18	88	0,61
Carthago	6	139	0,6
Colato	14	128	0,6
Coriander	19	127	0,6
Timpex Cabale	11	127	0,6
Calimeris d'Ariel	16	125	0,6
Lascadel	19	118	0,6
Carrado	15	118	0,6
Romino	20	116	0,6
Mefisto–1 (I.tm.)	15	115	0,6
Haramia	15	105	0,6
Bugac Szikrázó–13	16	104	0,6
Hohenstein II	24	101	0,6
Conrad (tm)	22	93	0,6
Turbó	19	77	0,6
Rádiháza Forintos–8	17	72	0,6

15. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki **Dr. Mihók Sándornak** a Ph. D. hallgatói tevékenységem során nyújtott lelkiismeretes témavezetői munkájáért, folyamatos szakmai támogatásáért, és hasznos iránymutató tanácsaiért, melyek alapvetően hozzájárultak a dolgozat és a tudományos közlemények megszületéséhez.

Jó érzéssel gondolok arra, hogy kutatási témám alapjait témavezetőmtől és **Dr. Komlósi Istvántól** tanulhattam meg.

Hálás vagyok **Dr. Posta Jánosnak** a vizsgálatok elvégzéséhez nyújtott odadó segítségéért, és hasznos tanácsaiért.

Köszönetemet fejezem ki **Nagy Ferencnek, Boros Sándornak** és **Novotni Péternek** a versenyek kategorizálásában nyújtott segítségükért.

Köszönöm a **Debreceni Egyetem Állattudományi Intézet valamennyi dolgozójának**, a **Magyar Lótenyésztők Országos Szövetségének** és a **Magyar Lovassport Szövetség Díjugrató Szakágának** a munkám elvégzéséhez nyújtott önzetlen segítséget.

Őszinte hálával és köszönettel tartozom **Férjemnek** és a **Családomnak**, hogy végig biztattak, mellettem álltak és segítettek, mely nélkül jelen dolgozat nem készülhetett volna el.

A kutatásomat és a publikációk elkészítését a TÁMOP–4.2.2/B–10/1–2010–0024 azonosító számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

16. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2015

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Rudiné Mezei Anita doktorjelölt 2010–2015 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 2015

.....

a témavezető aláírása